

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
URBANA E AMBIENTAL

ELIANA DE FÁTIMA DA COSTA LIMA

**ELEMENTOS VEGETAIS NA SIMULAÇÃO DIGITAL DA LUZ
NATURAL: Contribuição ao desenvolvimento de modelos
tridimensionais virtuais**

JOÃO PESSOA-PB
2014

ELIANA DE FÁTIMA DA COSTA LIMA

**ELEMENTOS VEGETAIS NA SIMULAÇÃO DIGITAL DA LUZ
NATURAL: Contribuição ao desenvolvimento de modelos
tridimensionais virtuais**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, exigido como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Engenharia Urbana e Ambiental.

Orientadora: Profª Drª Solange Maria Leder

JOÃO PESSOA-PB
2014

L732e Lima, Eliana de Fátima da Costa.
Elementos vegetais na simulação digital da luz natural:
contribuição ao desenvolvimento de modelos tridimensionais
virtuais / Eliana de Fátima da Costa Lima.- João Pessoa, 2014.
195f. : il.
Orientadora: Solange Maria Leder
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT
1. Engenharia urbana e ambiental. 2. Iluminação natural.
3. Copas arbóreas. 4. Simulação computacional.

UFPB/BC

CDU: 62:711(043)

**ELEMENTOS VEGETAIS NA SIMULAÇÃO DIGITAL DA LUZ NATURAL:
Contribuição ao desenvolvimento de modelos tridimensionais virtuais**


ELIANA DE FÁTIMA DA COSTA LIMA

Dissertação aprovada em 30 de setembro de 2014.


Período Letivo: 2014.2



Prof. Drª SOLANGE MARIA LEDER
(Orientadora)



Prof. Dr. ROBERTO PIMENTEL
(Examinador interno)



Prof. Dr. ALDOMAR PEDRINI
(Examinador externo)

João Pessoa/PB
2014

A vocês, com todo meu amor e gratidão, meus pais, Luiz (*in memoriam*) e Maria da Dores. Que me deram a vida e me ensinaram a vivê-la com dignidade. Que revestiram minha existência de incondicional amor. Que sacrificaram seus sonhos em favor dos meus. Que mesmo nas horas em que meus ideais pareciam distantes e inatingíveis, acreditaram em mim.

A vocês, meus pais, por natureza, por opção e amor.

Dedico.

Agradecimentos

Agradecer nem sempre é fácil... Sempre corremos o risco de esquecer de citar alguém. Mas tenho certeza de que todos que contribuíram para este processo sabem o quanto eu aprecio o carinho, a amizade e a disponibilidade com as quais pude contar nesse longo caminho. Deixo aqui registrada minha dívida de gratidão com todos, que de alguma forma, colaboraram com este trabalho, o qual simplesmente não existiria tal como o leitor o tem em mãos.

Ao meu "Sempre" e "Para Sempre" amado Pai. Hoje, na eternidade e vivo dentro de mim!

A minha "Sempre" amada Mãe. Meu refúgio e minha fortaleza. A você, oferto tudo o que tenho de melhor. Toda a minha gratidão e Amor! E a alegria de ser sua filha!

As minhas irmãs, Elaine e Edjane, cada uma do seu jeito... Muito obrigada pelo companheirismo, pelos momentos de alegria, por sempre estarem ao meu lado. Minha infinita gratidão, em especial, a minha irmã Elaine, pela confiança que sempre depositou no meu trabalho, pela paciência, compreensão e pela grande ajuda na reta final, quando minhas forças já se esgotavam.

A minha orientadora Prof^a Solange Leder, pelos seis anos de convívio e orientação em pesquisas no LabCon. Que além do constante apoio e dedicação, dados de uma forma generosa durante este trabalho, também representa para mim um modelo referencial de conduta como professora e pesquisadora.

Ao professor Luiz Bueno da Silva e a Erivaldo Lopes do Laboratório de Análise do Trabalho, pelo apoio e ajuda com os métodos estatísticos.

Aos amigos do LabCon Lúcia Helena, Guilherme Nóbrega, Andreia Oliveira e em especial a Lilianne Queiroz, com quem dividi as conquistas, alegrias e angústias ao longo da realização deste trabalho, agradeço pela presteza, estudos compartilhados e sobretudo, pela amizade.

Ednice, Anízio, Linho e meus amores Endriw, Endra e Engly, que tanto alegam meus dias. A vocês, não tenho palavras para agradecer por tudo que representam. É o que me acontece agora, quando procuro uma forma verbal de exprimir uma emoção impar, uma emoção que jamais seria traduzida por palavras. Infinitamente grata a minha amiga-irmã Ednice que pacientemente revisou minha dissertação.

A todos os colegas do mestrado e amigos mais próximos, em especial a Ana Luíza pelo apoio, pela partilha de conhecimentos e mais do que tudo pela amizade.

Aos professores do PPGEUA por toda dedicação e ensinamentos transmitidos durante o curso.

Aos professores Aldomar Pedrini e Roberto Pimentel por aceitarem fazer parte da banca examinadora deste trabalho.

Ao bolsista Gustavo Gregório pelo apoio durante a realização das medições de campo.

Ao CNPq pela bolsa de estudos concedida, possibilitando-me dedicação exclusiva à pesquisa e à escrita dessa dissertação.

E, sobretudo, agradeço a Deus, pela vida...

“E aprendi que se depende sempre de tanta, muita, diferente gente. Toda pessoa sempre é as marcas das lições diárias de outras tantas pessoas. E é tão bonito quando a gente entende que a gente é tanta gente onde quer que a gente vá. E é tão bonito quando a gente sente que nunca está sozinho por mais que pense estar.” (Caminhos do coração – Gonzaguinha)

LIMA, Eliana de Fátima da Costa. **Elementos vegetais na simulação digital da luz natural:** contribuição ao desenvolvimento de modelos tridimensionais virtuais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, UFPB, 2014.

São diversos os fatores que influenciam a disponibilidade da luz natural, dentre eles destaca-se a obstrução causada pelo entorno edificado ou natural. Elementos naturais, como a vegetação arbórea, podem provocar uma obstrução considerável, que se traduz na alteração da quantidade de luz natural disponível no interior dos ambientes. Por outro lado, a vegetação pode proporcionar sombras e melhorar a qualidade da luz que incide através das aberturas, reduzindo a intensidade da componente direta do sol, bem como o brilho vindo do céu. Contudo, a vegetação é um elemento de difícil inserção no projeto da iluminação natural. Considerando por exemplo, a prática da simulação computacional, todos os elementos intervenientes na reprodução da luz devem ser modelados tridimensionalmente. Idealmente, variáveis como a altura, a geometria da copa, a quantidade, dimensão e espaçamento das folhas, dimensão do tronco, ramos e galhos, índice de refletância, índice de opacidade, entre outras, devem ser reproduzidos no modelo tridimensional. Entretanto, essa modelagem é impraticável, não somente devido à complexidade de todas as variáveis envolvidas no processo, como também, na sobrecarga do modelo. A partir destas considerações e com base em estudos anteriores sobre o tema, esta pesquisa toma como objeto de estudo a iluminação natural interceptada pela vegetação arbórea. Neste sentido, o objetivo geral é caracterizar um método para a representação e modelagem da vegetação arbórea na simulação computacional da luz natural. Para tanto, através do método de fotografia hemisférica, foi possível obter dados de *fração de lacuna* de copas arbóreas. Estes dados ajudaram a desenvolver três diferentes configurações de modelos tridimensionais virtuais de copas, os quais foram usados para simular o efeito da interceptação da árvore na luz do dia. Por meio de métodos gráficos e estatísticos, avaliou-se o grau de ajuste desses modelos com as árvores reais. Os resultados obtidos com os indicadores estatísticos MBE e RMSE e considerando ainda a variabilidade da luz e os níveis de dispersão, representado pela mediana, demonstraram que todos os três modelos testados nesta pesquisa podem ser representantes adequados das árvores reais. Contudo, ressalta-se que, possivelmente, o tipo de modelo representante de cada espécie arbórea esteja intrinsecamente ligado às características próprias de cada árvore.

Palavras-chave: Iluminação natural, copas arbóreas, simulação computacional.

LIMA, Eliana de Fátima da Costa. **Vegetation elements in digital simulation of daylighting:** contribution to the development of three-dimensional virtual models. Dissertation (Master's Degree in Urban and Environmental Engineering) – Postgraduate Program in Urban and Environmental Engineering, UFPB, 2014.

Several factors influence the availability of daylighting such as the obstruction caused by the buildings or natural environment surroundings. Natural elements as arboreous vegetation can cause considerable obstruction resulting in changes in the amount of daylighting available at indoor environments. On the hand, vegetation can cast shadows and improve the quality of the light passing through the openings, reducing the intensity of the direct sunlight and glare from the sky. However, the vegetation is a difficult element to be incorporated in daylighting design. Regarding computer simulation, for example, all the elements involved in the reproduction of the light should be modeled in three dimensions. Ideally, variables such as height, canopy geometry, quantity, size and spacing of leaves, size of the trunk, branches and twigs, reflectance index, opacity index, among others, should be reproduced in a three-dimensional model. However, the modeling is unfeasible, not only because of the complexity of all the variables involved in the process, but also because it overloads the model. Taking these aspects into considerations and based on previous studies on the subject, this research takes the daylighting intercepted by arboreous vegetation as its object of study. Accordingly, the overall goal is to characterize a method for representation and modeling of arboreous vegetation in computer simulation for daylighting. To reach this aim, the hemispherical photography method was used to determine the tree canopies gap fraction. These data helped to develop three different configurations of 3D virtual models of canopies, which were used to simulate the effect of the daylight interception by the tree. Using graphical and statistical methods, we assessed the degree of adjustment of these models with real trees. The results obtained with the MBE and RMSE statistical indicators and considering the variability of light and the scatter levels represented by the median showed that all three models tested in this study may be representative appropriate for real trees. However, it is noteworthy that, possibly, the type of representative model of each tree species is intrinsically linked to the characteristics of each tree.

Keywords: daylighting, tree canopies, computational simulation.

I Capítulo

Figura 1.1 –	Maneiras pelas quais a luz natural atinge um ponto dentro de um ambiente.....	26
Figura 1.2 –	Distribuição de brilho da abóbada celeste. a) Céu claro; b) Céu parcialmente encoberto e c) Céu encoberto.....	28
Figura 1.3 –	a) Distribuição de luminâncias para o céu claro; b) Distribuição de luminâncias para o céu encoberto.....	28
Figura 1.4 –	Nebulosidades mensais para a cidade de João Pessoa-PB.....	29
Figura 1.5 –	Exemplo de representação de FVC em projeção estereográfica.....	30
Figura 1.6 –	Influência das refletâncias do solo e da fachada nos níveis de iluminação no interior de um ambiente.....	33
Figura 1.7 –	Classificação das árvores segundo o porte.....	35
Figura 1.8 –	Classificação das árvores segundo a forma geométrica da copa.....	35
Figura 1.9 –	Diferentes tipos de folhas.....	36
Figura 1.10 –	a) Projeção do diâmetro da copa; b) Exemplo de IAF - distribuição da quantidade de folhas em relação ao diâmetro da copa	37
Figura 1.11 –	Equipamentos analisador de dossel.....	39
Figura 1.12 –	Imagem olho de peixe com orientação voltada para o zênite.....	40
Figura 1.13 –	Olho de peixe circular e olho de peixe full frame.....	40
Figura 1.14 –	Tipos de lentes olho de peixe quanto a geometria de projeção	41
Figura 1.15 –	a) Lente com perspectiva central; b) Lente olho de peixe	42
Figura 1.16 –	Representação esquemática dos caminhos da luz difusa através da árvore.....	45
Figura 1.17 –	Relação entre árvore e edifícios.....	45
Figura 1.18 –	Esquema da disponibilidade de luz natural acima e abaixo da copa de árvore.....	46
Figura 1.19 –	Resultados das simulações – contorno de iluminâncias e cores falsas.....	47
Figura 1.20 –	Intercepção da radiação solar através da copa arbórea.....	48
Figura 1.21 –	Componentes da simulação da luz natural.....	51
Figura 1.22 –	Fluxograma do método de simulação do Daysim.....	52

II Capítulo

Figura 2.1 –	Fluxograma das etapas do desenvolvimento da metodologia	56
Figura 2.2 –	Mapa de João Pessoa com a localização da UFPB/CT apontando as árvores tomadas para este estudo.....	57

Figura 2.3 –	Localização das árvores estudadas no Centro de Tecnologia – UFPB.....	58
Figura 2.4 –	Cartela de cores da CIBSE e coeficiente de reflexão correspondente	59
Figura 2.5 –	Três principais condições de céu registradas durante as medições <i>in loco</i>	60
Figura 2.6 –	Planta e corte da locação dos sensores sob a copa da árvore.....	60
Figura 2.7 –	a) Sensor apoiado no tripé; b) Disposição dos sensores sob a copa da árvore.....	61
Figura 2.8 –	Posicionamento da câmera sob a copa, para aquisição das fotografias hemisféricas	62
Figura 2.9 –	Fotografias hemisféricas da Pitombeira, referentes a cada orientação.....	63
Figura 2.10 –	Conjunto de fotografias hemisféricas da Pitombeira na orientação leste com diferentes modos de configuração da câmera.....	64
Figura 2.11 –	Processo de classificação dos pixels da imagem em branco e preto..	67
Figura 2.12 –	Representação esquemática da divisão angular do mapa de céu – Método I.....	67
Figura 2.13 –	Representação esquemática da divisão angular do mapa de céu – Método II.....	68
Figura 2.14 –	Seleção das regiões para varredura da copa (Eliminação do tronco)..	69
Figura 2.15 –	Modelo geométrico – método das persianas.....	70
Figura 2.16 –	Modelo geométrico – método com material translúcido.....	70
Figura 2.17 –	Modelo geométrico – método com inserção de frestas.....	71
Figura 2.18 –	Modelo geométrico do entorno onde as árvores estão inseridas.....	71
Figura 2.19 –	Visão geral dos subprogramas do <i>Daysim</i> e seus arquivos de entrada e saída.....	72

III Capítulo

Figura 3.1 –	Mangueira utilizada para este estudo (árvore e folha).....	80
Figura 3.2 –	Pau-brasil utilizado para este estudo (árvore e folha).....	80
Figura 3.3 –	<i>Pitombeira utilizada para este estudo</i> (árvore e folha).....	81
Figura 3.4 –	Carolina utilizada para este estudo (árvore e folha).....	82

I Capítulo

Tabela 1.1 –	Programas de simulação computacional da luz natural.....	50
---------------------	--	----

II Capítulo

Tabela 2.1 –	Detalhamento das combinações das seis configurações.....	64
Tabela 2.2 –	Localização geográfica de cada espécie arbórea estudada.....	66
Tabela 2.3 –	Dados de fração de lacuna de cada fotografia hemisférica correspondente a cada orientação e média aritmética em função do ângulo zenital.....	68
Tabela 2.4 –	Refletância dos materiais utilizados na simulação.....	73
Tabela 2.5 –	Datas dos registros das medições in loco e correspondentes datas da simulação.....	74

III Capítulo

Tabela 3.1 –	Níveis de dispersão da iluminância em entorno desobstruído para cada tipo de céu.....	85
Tabela 3.2 –	Níveis de dispersão da iluminância sob a copa da Mangueira para cada tipo de céu.....	87
Tabela 3.3 –	Níveis de dispersão da iluminância sob a copa do Pau-Brasil para cada tipo de céu.....	88
Tabela 3.4 –	Níveis de dispersão da iluminância sob a copa da Pitombeira para cada tipo de céu.....	89
Tabela 3.5 –	Níveis de dispersão da iluminância sob a copa da Carolina para cada tipo de céu.....	89
Tabela 3.6 –	Níveis de dispersão da iluminância sob a copa da Mangueira para cada orientação.....	90
Tabela 3.7 –	Níveis de dispersão da iluminância sob a copa do Pau-Brasil para cada orientação.....	91
Tabela 3.8 –	Níveis de dispersão da iluminância sob a copa da Pitombeira para cada orientação.....	91
Tabela 3.9 –	Níveis de dispersão da iluminância sob a copa da Carolina para cada orientação.....	92
Tabela 3.10 –	Níveis de dispersão da iluminância sob a copa de cada árvore.....	92
Tabela 3.11 –	Percentuais de abertura de copa obtidos a partir das fotografias <i>fisheye</i>	98

Tabela 3.12 – Níveis de iluminância mais frequentes ocorridos sob os modelos 1, 2 e 3.....	102
Tabela 3.13 – Resultados da correlação de <i>Spearman</i> e do teste de significância...	106
Tabela 3.14 – Níveis de dispersão para o sensor externo da simulação e da medição <i>in loco</i>	107
Tabela 3.15 – Níveis de dispersão da simulação do modelo 01 e medições <i>in loco</i> para cada espécie arbórea.	112
Tabela 3.16 – Resultado do teste de hipóteses – modelo 01.....	114
Tabela 3.17 – Níveis de dispersão da simulação do modelo 02 e medições <i>in loco</i> ..	119
Tabela 3.18 – Resultado do teste de hipóteses – modelo 02.....	120
Tabela 3.19 – Níveis de dispersão da simulação do modelo 03 e medições <i>in loco</i> .	126
Tabela 3.20 – Resultado do teste de hipóteses – modelo 03.....	127
Tabela 3.21 – Erro médio quadrático – RMSE e o desvio das médias – MBE para os modelos de cada indivíduo arbóreo em função da orientação.....	128
Tabela 3.22 – Erro médio quadrático – RMSE e o desvio das médias – MBE para os modelos de cada indivíduo arbóreo.....	130

III Capítulo

Quadro 3.1 – Características geométricas das espécies arbóreas selecionadas.....	82
Quadro 3.2 – Refletância dos materiais utilizados na simulação.....	83
Quadro 3.3 – Resultados do teste de variância a partir da combinação dos tipos arbóreos	93
Quadro 3.4 – MBE e RMSE indicados no estudo de Al-Sallal et. al (2013).....	129
Quadro 3.5 – MBE e RMSE indicados no estudo de Villalba et. al (2014).....	130
Quadro 3.6 – Compilação dos resultados obtidos da redução da variação da iluminância, variação relativa da mediana e análise de erros para cada espécie arbórea.....	132

III Capítulo

Gráfico 3.1 –	Iluminâncias medidas <i>in loco</i> (sensor externo) em condição de céu claro.....	83
Gráfico 3.2 –	Iluminâncias medidas <i>in loco</i> (sensor externo) em condição de céu parcialmente encoberto.....	84
Gráfico 3.3 –	Iluminâncias medidas <i>in loco</i> (sensor externo) em condição de céu encoberto.....	84
Gráfico 3.4 –	Distribuição da iluminância em entorno desobstruído para cada condição de céu.....	85
Gráfico 3.5 –	Frequência de ocorrência da iluminância em entorno desobstruído para cada condição de céu.....	86
Gráfico 3.6 –	Variabilidade da iluminância sob a copa da mangueira para cada condição de céu.....	87
Gráfico 3.7 –	Variabilidade da iluminância sob a copa do Pau-Brasil para cada condição de céu.....	88
Gráfico 3.8 –	Variabilidade da iluminância sob a copa da Pitombeira para cada condição de céu.....	88
Gráfico 3.9 –	Variabilidade da iluminância sob a copa da Carolina para cada condição de céu.....	89
Gráfico 3.10 –	Variabilidade da iluminância sob a copa da Mangueira em cada orientação.....	90
Gráfico 3.11 –	Variabilidade da iluminância sob a copa do Pau-Brasil em cada orientação.....	90
Gráfico 3.12 –	Variabilidade da iluminância sob a copa da Pitombeira em cada orientação.....	91
Gráfico 3.13 –	Variabilidade da iluminância sob a copa do Carolina em cada orientação.....	91
Gráfico 3.14 –	Comportamento da iluminância sob a copa do Carolina em cada orientação.....	92
Gráfico 3.15 –	Percentuais de redução da iluminância por orientação.....	93
Gráfico 3.16 –	Percentuais de lacuna em função do ângulo zenital para as árvores estudadas.....	94
Gráfico 3.17 –	Mangueira - comportamento do percentual de lacuna em função do ângulo azimutal para cada ângulo zenital.....	95
Gráfico 3.18 –	Pau-brasil - comportamento do percentual de lacuna em função do ângulo azimutal para cada ângulo zenital.....	96
Gráfico 3.19 –	Pitombeira - comportamento do percentual de lacuna em função do ângulo azimutal para cada ângulo zenital.....	96

Gráfico 3.20 –	Carolina - comportamento do percentual de lacuna em função do ângulo azimutal para cada ângulo zenital.....	97
Gráfico 3.21 –	Percentual de abertura de copa por espécie arbórea.....	98
Gráfico 3.22 –	Relação entre os percentuais de abertura de copa e iluminância sob a copa das espécies arbóreas estudadas.....	99
Gráfico 3.23 –	Frequência de ocorrência da iluminância para os modelos geométricos que representam a espécie mangueira.....	100
Gráfico 3.24 –	Frequência de ocorrência da iluminância para os modelos geométricos que representam a espécie pau-brasil.....	101
Gráfico 3.25 –	Frequência de ocorrência da iluminância para os modelos geométricos que representam a espécie pitombeira.....	101
Gráfico 3.26 –	Frequência de ocorrência da iluminância para os modelos geométricos que representam a espécie carolina.....	102
Gráfico 3.27 –	Frequência de ocorrência da iluminância em entorno desobstruído para as condições de céu simuladas.....	103
Gráfico 3.28 –	Percentuais de redução da iluminância sob os modelos que representam a copa da mangueira.....	104
Gráfico 3.29 –	Percentuais de redução da iluminância sob os modelos que representam a copa do pau-brasil.....	104
Gráfico 3.30 –	Percentuais de redução da iluminância sob os modelos que representam a copa da pitombeira.....	104
Gráfico 3.31 –	Percentuais de redução da iluminância sob os modelos que representam a copa da carolina.....	105
Gráfico 3.32 –	Níveis de dispersão para os dados medidos <i>in loco</i> e simulados na condição de céu desobstruído pelo entorno.....	107
Gráfico 3.33 –	Níveis de dispersão da mangueira - modelo 01 e medições <i>in loco</i>	108
Gráfico 3.34 –	Níveis de dispersão por orientação - mangueira - modelo 01 e medições <i>in loco</i>	108
Gráfico 3.35 –	Níveis de dispersão do pau-brasil - modelo 01 e medições <i>in loco</i>	109
Gráfico 3.36 –	Níveis de dispersão por orientação - pau-brasil - modelo 01 e medições <i>in loco</i>	109
Gráfico 3.37 –	Níveis de dispersão do pitombeira - modelo 01 e medições <i>in loco</i>	110
Gráfico 3.38 –	Níveis de dispersão por orientação - pitombeira - modelo 01 e medições <i>in loco</i>	111
Gráfico 3.39 –	Níveis de dispersão do carolina - modelo 01 e medições <i>in loco</i> .	111
Gráfico 3.40 –	Níveis de dispersão por orientação - carolina - modelo 01 e medições <i>in loco</i>	112
Gráfico 3.41 –	Percentuais de redução da variação para o modelo 01 de cada espécie arbórea e o sensor externo.....	113
Gráfico 3.42 –	Percentuais de variação relativa das medianas dos dados de simulação em relação às medianas dos dados de medição.....	113
Gráfico 3.43 –	Níveis de dispersão da mangueira - modelo 02 e medições <i>in loco</i>	115
Gráfico 3.44 –	Níveis de dispersão por orientação - mangueira - modelo 02 e medições <i>in loco</i>	115
Gráfico 3.45 –	Níveis de dispersão do pau-brasil - modelo 02 e medições <i>in loco</i>	116

Gráfico 3.46 –	Níveis de dispersão por orientação – pau-brasil - modelo 02 e medições <i>in loco</i>	116
Gráfico 3.47 –	Níveis de dispersão da pitombeira - modelo 02 e medições <i>in loco</i>	117
Gráfico 3.48 –	Níveis de dispersão por orientação - pitombeira - modelo 02 e medições <i>in loco</i>	117
Gráfico 3.49 –	Níveis de dispersão da carolina - modelo 02 e medições <i>in loco</i> .	118
Gráfico 3.50 –	Níveis de dispersão por orientação - carolina - modelo 02 e medições <i>in loco</i>	118
Gráfico 3.51 –	Percentuais de redução da variação para o modelo 01 de cada espécie arbórea e o sensor externo.....	119
Gráfico 3.52 –	Percentuais de variação relativa das medianas dos dados de simulação do modelo 02 em relação às medianas dos dados de medição.....	120
Gráfico 3.53 –	Níveis de dispersão da mangueira - modelo 03 e medições <i>in loco</i>	121
Gráfico 3.54 –	Níveis de dispersão por orientação - mangueira - modelo 03 e medições <i>in loco</i>	122
Gráfico 3.55 –	Níveis de dispersão da pau-brasil - modelo 03 e medições <i>in loco</i>	122
Gráfico 3.56 –	Níveis de dispersão por orientação – pau-brasil - modelo 03 e medições <i>in loco</i>	123
Gráfico 3.57 –	Níveis de dispersão da pitombeira - modelo 03 e medições <i>in loco</i>	123
Gráfico 3.58 –	Níveis de dispersão por orientação – pitombeira - modelo 03 e medições <i>in loco</i>	124
Gráfico 3.59 –	Níveis de dispersão da carolina - modelo 03 e medições <i>in loco</i> ..	125
Gráfico 3.60 –	Níveis de dispersão por orientação – carolina - modelo 03 e medições <i>in loco</i>	125
Gráfico 3.61 –	Percentuais de redução da variação para o modelo 03 de cada espécie arbórea e o sensor externo.....	126
Gráfico 3.62 –	Percentuais de variação relativa das medianas dos dados de simulação do modelo 02 em relação às medianas dos dados de medição.....	127
Gráfico 3.63 –	Comparação dos percentuais de redução da variação da iluminância para cada modelo correspondente a cada árvore em relação ao sensor externo.....	131
Gráfico 3.64 –	Comparação da variação relativa da mediana da iluminância para cada modelo correspondente a cada árvore em relação ao sensor externo.....	132

INTRODUÇÃO.....	19
-----------------	----

I Capítulo

1 REFERENCIAL TEÓRICO.....	24
1.1 Considerações sobre a luz natural.....	24
1.1.1 Fontes de luz natural.....	25
1.1.2 Componentes da luz natural.....	25
1.2 A luz natural e as variáveis do ambiente externo.....	26
1.2.1 Disponibilidade de luz natural.....	27
1.2.1.1 Tipos de céu.....	27
1.2.2 O entorno e as obstrução do céu.....	30
1.2.3 Reflexões externas.....	32
1.3 Vegetação arbórea.....	34
1.3.1 Morfologia – porte, copa, folha.....	35
1.3.2 Índice de área foliar – IAF.....	36
1.3.2.1 Métodos de medição de IAF.....	37
1.4 O efeito da vegetação sobre a iluminação natural.....	43
1.5 Uso da simulação computacional para avaliação da luz natural.....	49

II Capítulo

2 METODOLOGIA.....	56
2.1 Seleção e caracterização das espécies arbóreas.....	57
2.2 Medição de referência da iluminância	59
2.3 Aquisição e processamento das imagens hemisféricas.....	61
2.4 Processamento das imagens hemisféricas.....	65
2.5 Construção dos modelos virtuais.....	69
2.6 Simulações computacionais.....	72
2.7 Tratamento e análise estatísticas dos dados	74

III Capítulo

3 RESULTADOS E ANÁLISES.....	79
3.1 Caracterização dos tipos arbóreos.....	79

3.2 Iluminância de referência.....	83
3.3 Processamento e análise das imagens hemisféricas.....	94
3.4 Simulação da luz natural.....	99
3.5 Análise comparativa entre iluminância medida e simulada.....	105
3.5.1 Modelo 01.....	107
3.5.2 Modelo 02.....	114
3.5.3 Modelo 03.....	121
3.5 Análise de erros.....	128

IV Capítulo

4 CONCLUSÃO	134
4.1 Quanto às medições de referência	134
4.2 Quanto as iluminâncias medidas x simuladas	136
4.3 Quanto às análises dos erros	138

Referências

REFERÊNCIAS.....	140
-------------------------	------------

Anexos

Anexo A – Declinação magnética do local onde as árvores estão inseridas.....	146
Anexo B – Gráficos extraídos do Gap Light Analyzer – fração de lacuna em função do ângulo zenital	147

Apêndices

Apêndice A – Dados de iluminância (Klux) medidos sob a copa das espécies arbóreas estudadas, em cada condição de céu.....	151
Apêndice B – Fotografias hemisféricas das espécies arbóreas estudadas.....	175
Apêndice C – Dados de <i>fração de lacuna</i> por fotografia hemisférica, em função do ângulo zenital e ângulo azimutal	179
Apêndice D – Gráficos de linha demonstrando o comportamento dos modelos simulados para cada espécie arbórea	191

Introdução

INTRODUÇÃO

Os fatores que influenciam a disponibilidade da luz natural são diversos. Dentre eles, podemos destacar a obstrução do entorno, variável de grande impacto em áreas densamente urbanizadas. Mesmo em áreas pouco urbanizadas, elementos naturais como a vegetação arbórea podem provocar uma obstrução considerável, que se traduz na alteração na quantidade de luz natural disponível no interior dos ambientes (HOPKINSON et al., 1975).

A arborização inserida no meio urbano, devido à sua sombra, pode contribuir para a redução do consumo de energia com o condicionamento térmico no interior das edificações. A vegetação influencia nas trocas de calor, provocando diminuição nas temperaturas. Givoni (1992) afirma, que as árvores contribuem para a melhoria do microclima imediato, citando o aspecto térmico como o maior benefício. Quanto maior a densidade das mesmas, maior a ação na filtragem do ar, na promoção da privacidade e no sombreamento e no controle do iluminamento excessivo do sol. Nos climas quentes, as superfícies vegetadas e as folhas das árvores absorvem a radiação solar, o sombreamento reduz as temperaturas superficiais e, o processo de evapotranspiração diminui a temperatura do ar.

Adicionado aos benefícios relacionados à economia de energia, à melhoria das condições ambientais e de habitabilidade térmica do espaço, a vegetação arbórea pode melhorar a qualidade da luz que incide através das aberturas, reduzindo a intensidade da componente direta do sol, bem como o brilho vindo do céu. Conforme afirma Al-Sallal (2013), a qualidade da luz do dia é alcançada através do bloqueio da luz solar direta e o incremento da luz solar refletida, nesse aspecto, a luz natural que entra através das aberturas pode ser filtrada e suavizada pela presença de vegetação.

O sombreamento da vegetação tem grande influência sobre a iluminação natural do recinto urbano e, conseqüentemente, dos edifícios inseridos no mesmo. A forma da copa das árvores e seu tamanho determinam a área sombreada, que muda de acordo com a espécie e com a época do ano. A definição da espécie vegetativa adequada deve levar em consideração as mudanças de forma e tamanho que se processarão ao longo do tempo, devendo essa, basear-se nas condições de insolação do recinto urbano ao longo do ano e das necessidades de sombreamento em cada situação (MASCARÓ, 2010).

A vegetação é um elemento de difícil inserção no projeto da iluminação natural. Considerando por exemplo a simulação computacional, todos os elementos intervenientes na reprodução da luz devem ser modelados tridimensionalmente. Para simular um ambiente com árvores, em softwares de simulação da luz natural é necessário o desenvolvimento de modelos tridimensionais que representem a vegetação em análise. Idealmente variáveis como a altura, a geometria da copa, a quantidade, dimensão e espaçamento das folhas, dimensão do tronco, ramos e galhos, índice de refletância, índice de opacidade, entre outras, devem ser reproduzidas no modelo tridimensional. Contudo, essa modelagem é impraticável, não somente devido à complexidade de todas as variáveis envolvidas no processo, como também, na sobrecarga do modelo. É necessário simplificar a representação da vegetação, porém, sem perder precisão.

Alguns métodos de caracterização da vegetação têm sido introduzidos para simplificar a sua reprodução e modelagem. Neste contexto, as fotografias hemisféricas (imagens olho de peixe) e medições da iluminância *in loco* sob a copa de árvores contribuem para a caracterização de tipos arbóreos. Alguns dados sobre espécies arbóreas estão disponíveis e podem ser recolhidas diretamente a partir da literatura, tais como as características geométricas das árvores. Outros dados, no entanto, como o índice de área foliar, seu padrão de distribuição, densidade da copa e fração de lacuna são difíceis de encontrar. Segundo Villalba (2014), essa situação torna-se ainda mais complexa para o caso de árvores inseridas no meio urbano, cuja fenologia é modificada pelos períodos de poda, irrigação e morfologia urbana.

A análise de imagens *olho de peixe*, através de softwares específicos, proporciona um método alternativo prático para medir as características de copas de árvores que são úteis para a simulação da iluminação natural. Uma imagem fisheye pode ser interpretada como um mapa das direções da abertura de clareiras em relação ao local em que a foto é tirada. Assim, esta, poderia ajudar no estudo da penetração da luz em copas de árvores, assim como, no estudo do impacto da vegetação no sombreamento de edifícios próximos (AL-SALLAL, 2013).

As fotografias hemisféricas capturam os padrões de obstrução e penetração da luz no dossel, pela qual a arquitetura da copa e a área de folhagem podem ser quantificadas. Sua capacidade de discriminação espacial, de adquirir a distribuição angular da folhagem e de quantificação de fração de céu visível através da copa em diferentes ângulos zenitais e azimutais, são algumas vantagens desta técnica (ZHANG, Y. et al., 2005).

O efeito do sombreamento arbóreo sobre o desempenho térmico de edificações já é largamente explorado em pesquisas diversas (BARTHOLOMEI, 2003; BERRY, R.; LIVESLEY, S. J.; AYE, L, 2013; DURANTE, L.; NOGUEIRA, M. C. J. A, 2013; PIVETA, J.

2010; RIGITANO, Roberta Z, 2004). No entanto, simular e quantificar o efeito das árvores sobre o comportamento da luz natural em ambientes internos é uma área de pesquisa ainda pouco explorada. A partir destas considerações e com base em estudos anteriores sobre o tema, esta pesquisa toma como objeto de estudo a iluminação natural interceptada pela vegetação arbórea. Neste sentido, o objetivo geral é caracterizar um método para a representação e modelagem da vegetação arbórea na simulação computacional da luz natural.

Como objetivos específicos, tem-se:

- Caracterizar o comportamento das iluminâncias em um conjunto de pontos localizados sob a copa de quatro espécies arbóreas, através de medições *in loco*, considerando três condições de céu (claro, parcialmente nublado e nublado);
- Caracterizar o Índice de Área Foliar de quatro espécies arbóreas (Mangueira, Pau-Brasil, Pitombeira e Carolina), através de fotografias hemisféricas;
- A partir de dados obtidos com as fotografias hemisféricas construir modelos tridimensionais de copa arbórea representativos das espécies estudadas;
- Comparar os resultados obtidos, através da simulação da luz natural nos modelos virtuais propostos, com as medições de iluminância, realizadas *in loco*.

A estrutura deste trabalho se apresenta como descrito nas seguintes etapas:

No primeiro capítulo apresenta-se o referencial teórico, onde são abordados pontos importantes para a compreensão do tema proposto e da abordagem adotada nesta pesquisa. Este capítulo é subdividido em cinco partes. A primeira faz algumas considerações sobre luz natural, destacando as fontes e as componentes da luz natural. A segunda parte dá destaque para as variáveis do ambiente externo que têm influência no comportamento da luz natural, apresentando os tipos de céu, as obstruções causadas pelo entorno e as reflexões das superfícies externas. Na terceira parte apresenta-se aspectos relacionados à vegetação arbórea, destacando conceitos referentes ao índice de área foliar e seus métodos de medição com ênfase na fotografia hemisférica. O quarto ponto discutiu sobre o efeito da vegetação sobre a iluminação natural, apresentando alguns estudos anteriores relacionados ao tema. E, por último, abordou-se sobre o uso da simulação computacional para avaliação da luz natural.

O segundo capítulo reserva-se a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho. Nesta etapa são descritos os tipos arbóreos utilizados na pesquisa, com o levantamento de informações referentes às características físicas dessas árvores - onde são

considerados dados da geometria da copa, altura da árvore e transmitância da cor da folha. Em seguida, mostra-se como se deu o processo para a realização das medições da iluminância *in loco* (sob as copas das espécies arbóreas). Posteriormente, apresenta-se o método para aquisição e processamento das imagens hemisféricas. Na fase seguinte, descreve-se o desenvolvimento e simulação dos modelos tridimensionais adotados. Por último, descreve-se ainda a metodologia adotada para a análise estatística dos dados.

O capítulo três compreende os resultados e as análises. Em uma primeira fase apresenta-se as características morfológicas e geométricas dos indivíduos arbóreos, estudados. Na fase seguinte é mostrado os resultados das medições de referência da iluminância (medição *in loco*). Os dados referentes às frações de lacuna, obtidos com as fotografias hemisféricas, são apresentados e analisados no item posterior. Os resultados obtidos com as simulações computacionais são também analisados. O capítulo é encerrado com a compilação entre iluminância medida e simulada, a fim de obter a validação dos modelos virtuais adotados.

No capítulo quatro são apresentadas as conclusões gerais, fazendo referência à metodologia adotada para o desenvolvimento de modelos tridimensionais simplificados de copas arbóreas, a serem utilizados em simulações da luz natural.

I

Capítulo

1 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda aspectos pertinentes à compreensão dos principais fenômenos envolvidos na admissão da luz natural através de elementos vegetativos. O capítulo inicia tratando de aspectos inerentes à luz natural, como a classificação das fontes de luz natural e as variáveis externas que as influenciam. Em seguida abordam-se aspectos relacionados à vegetação arbórea como morfologia geral e métodos de determinação do Índice de Área Foliar, destacando o uso da fotografia hemisférica. Na seção seguinte discute-se sobre o efeito da vegetação no desempenho da iluminação natural. E, por último, apresentam-se os métodos e ferramentas usados na simulação computacional para avaliação da luz natural.

1.1 Considerações sobre a luz natural

A iluminação natural foi descrita por Robbins (1986) como arte e ciência. Enquanto arte, representa aspectos estéticos e qualitativos da arquitetura. Enquanto ciência, consiste em um sistema no qual o desempenho de seus atributos, de suas características físicas e sua integração com outros sistemas devem ser descritos quantitativamente.

São vários os benefícios que a iluminação natural pode oferecer. Estudos já comprovaram que a luz natural exerce forte influência sobre os aspectos psicológicos e fisiológicos das pessoas. Além disso, destaca-se sua função estética e a significativa influência na redução do consumo de energia.

Em um ambiente iluminado naturalmente, o acesso à luz natural se dá através das aberturas, depende das características do ambiente interno e do ambiente externo. De acordo com Mascaró (1997), a luz natural pode ser definida como a radiação luminosa proveniente do sol, manifestando-se de forma direta, através dos raios solares ou de forma indireta, através da reflexão da atmosfera (luz difusa), da vegetação, dos edifícios ou outras superfícies (luz refletida).

1.1.1 Fontes de luz natural

De acordo com Moore (1991), as fontes de luz podem ser caracterizadas como: direta – luz do sol e luz difusa do céu; e indireta – luz proveniente de difusores refletivos ou translúcidos, originalmente iluminados por outras fontes de luz primárias ou secundárias.

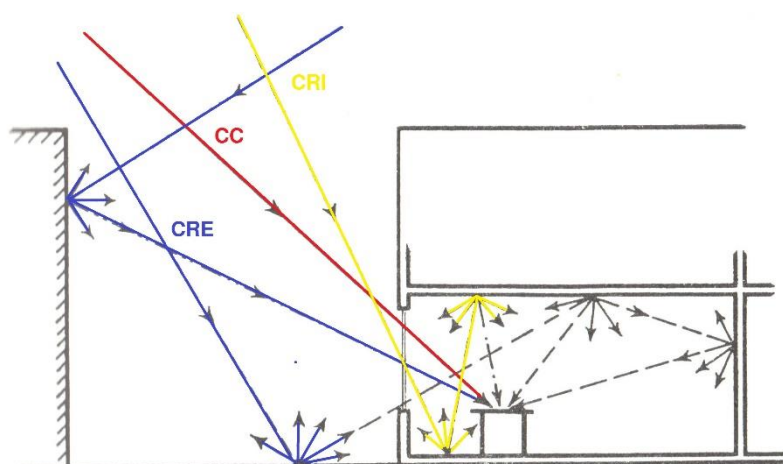
A luz do sol é captada através dos seus raios e, a luz do céu é transmitida pela abobada celeste e está intimamente dependente da latitude e da longitude do lugar, bem como das suas características atmosféricas. Segundo Hopkinson et al. (1975), o sol é uma fonte concentrada, e pode ser encarado como uma fonte luminosa pontual, ao passo que o céu é uma fonte grande e difusa com uma distribuição de luminância variável. Essa variação ocorre segundo uma série de parâmetros meteorológicos, sazonais e geométricos, caracterizando uma complexa especificação, pois muda a partir de pequenas variações de tempo.

Pereira (1995), afirma que a luz direta do sol se comporta como uma intensa fonte, proporcionando uma iluminação de 60 a 110 klux no plano horizontal, o que é 10 a 15 vezes a iluminação proporcionada pela abóbada celeste em caso de céu encoberto e também muito intensa para ser usada diretamente na iluminação de tarefa. Para Moore (1991), a luz proveniente da abóbada celeste, gerada por refração e reflexão da luz ao passar pela atmosfera, é uma fonte superficial, de iluminação suave e adirecional. Caracteriza-se por níveis de iluminação muito mais baixos que a luz do sol, entretanto mais constantes, variando de 5 a 20 Klux.

1.1.2 Componentes da luz natural

O fluxo luminoso que atinge uma superfície do ambiente interno (ver figura 1.1 abaixo) pode alcançá-la por três caminhos, resultante de sua divisão em três componentes. Estas podem ser elencadas como Componente Celeste (CC), Componente Refletida Externa (CRE) e Componente Refletida Interna (CRI). O somatório destas três componentes resulta no total da iluminação que atinge determinado ponto (HOPKINSON et al 1975).

Figura 1.1 – Maneiras pelas quais a luz natural atinge um ponto dentro de um ambiente.



Fonte: Adaptado de Hopkinson, et al., 1975.

A Componente Celeste – (CC), é a luz proveniente de uma parte do céu, recebida em um determinado ponto do plano. Influenciam no valor total da CC, a área do céu visível e a posição desta área, se é mais próxima do horizonte ou do zênite. A Componente Refletida Externa – (CRE), trata da porção da luz refletida em superfícies externas que atingem determinado ponto em determinada superfície interna. Assim como a componente celeste, os valores da CRE estão diretamente ligados à relação entre o ponto e a “área visível” da fonte de luz. A Componente Refletida Interna – (CRI), pode ser definida como a luz que se reflete nas paredes, teto e piso antes de chegar ao ponto onde suas características serão analisadas. Esta abordagem é consistente com o modelo conceitual de Moore (1991), onde toda a edificação é considerada como fonte de luz, posto que as superfícies são consideradas emissoras de luz.

1.2 A luz natural e as variáveis do ambiente externo

O ambiente externo à edificação é o elemento que se interpõe na relação entre o ambiente interno e a luz natural. Como já discutido anteriormente, a luz do sol e do céu incide nas superfícies que compõem o entorno natural e construído, ao refletir essa luz, ele se converte em fonte de luz natural.

Embora algumas atividades humanas possam interferir na composição da atmosfera, influenciando o processo de difusão da luz, o entorno pode ser considerado a variável de maior impacto sobre a disponibilidade de luz natural nas edificações.

A geometria da malha urbana, a configuração morfológica do entorno natural e construído são determinantes para a luz que chega ao solo e às superfícies do edifício. Essas superfícies do entorno obstruem a visão do céu, e por isso são tratadas por obstruções do

entorno. Em situações onde o céu não pode ser visto, é delas e do solo que provém toda iluminação natural no interior.

Sendo assim, Oral et al (2004), classifica em três as variáveis do ambiente externo que interferem na disponibilidade de luz natural do ambiente interno, são elas: 1) a disponibilidade de luz natural, influenciada inicialmente pela condição de céu predominante; 2) o entorno e a consequente obstrução do céu e 3) a componente refletida, importante fonte de luz natural.

1.2.1 Disponibilidade da luz natural

Vários fatores influenciam a admissão da luz natural no interior dos ambientes, tais como a profundidade do espaço, o tamanho e localização das aberturas, as refletâncias das superfícies internas e externas, etc. Mas o fator mais significativo é a quantidade de luz natural disponível no ambiente externo.

Segundo a norma NBR 15215-2 (2005), a disponibilidade de luz natural é a quantidade de luz em um determinado local, em função de suas geográficas e climáticas, de que se pode dispor por certo período de tempo. A quantidade e qualidade da luz recebida em determinado local dependem de uma série de fatores externos à edificação, tais como: continentalidade, altitude, latitude, clima e qualidade do ar. A variação da luz depende também da hora do dia, da época do ano e do tipo de céu de determinada localidade.

1.2.1.1 Tipos de céu

A distribuição das iluminâncias da abóbada celeste muda de acordo com as condições atmosféricas e as condições de céu. Segundo definição da CIE (*Commission Internationale de L'Eclairage*) os três tipos básicos de céu são: encoberto, parcialmente encoberto e claro.

Para a caracterização do céu se pode utilizar o método de cobertura preconizado pela *Nacional Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, EUA) e recomendado pela NBR 15215-2 (2005), onde a cobertura é estimada visualmente pela observação do montante de nuvens e expressa em percentual numa escala de 0 a 100%.

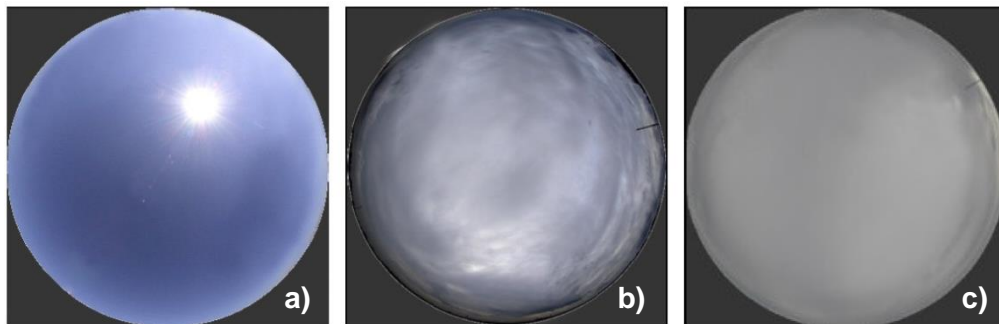
Para a condição de céu claro, com cobertura de 0% a 35%, a inexistência de nuvens e baixa nebulosidade acarretando em reduzidas dimensões das partículas de água fazem com que apenas os baixos comprimentos de onda, ou seja a porção azul do espectro emirjam em direção a superfície da terra, conferindo a cor azul que é característica desse tipo de céu (Figura 1.2-a).

Já a condição de céu encoberto, com cobertura de nuvens de 75% a 100%, resulta da reflexão/refração da luz direta do sol, para todos os comprimentos de onda, em grandes

partículas de água em suspensão na atmosfera, o resultado é uma abóbada cinza-claro (Figura 1.2-b).

O Céu parcialmente encoberto (35% a 75%) é a condição na qual a luminância de um dado elemento será definida para uma dada posição do sol sob uma condição climática intermediária que ocorre entre os céus padronizados como céu claro e totalmente encoberto (Figura 1.2-c). A luminância do ponto depende da altura solar, da mesma maneira que para o céu claro padronizado.

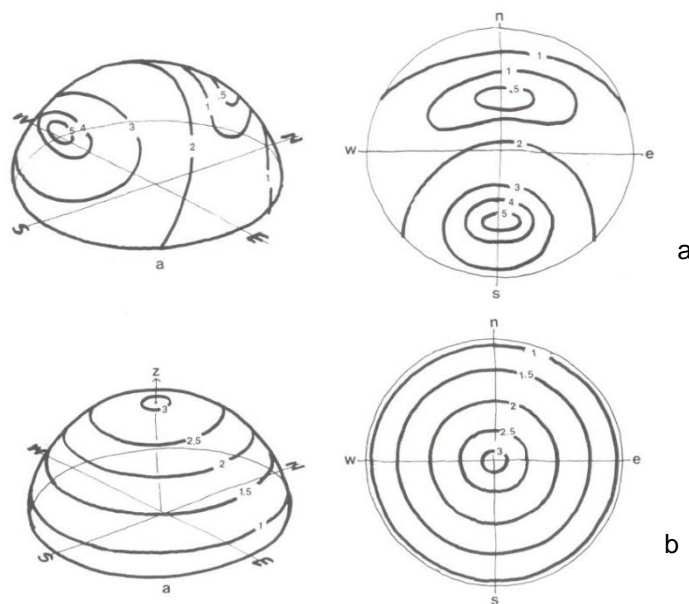
Figura 1.2 – Distribuição de brilho da abóbada celeste. a) Céu claro; b) Céu parcialmente encoberto e c) Céu encoberto



Fonte: Baker e Sttemers, 2002

Segundo Moore (1991), em condições de céu claro, a abóbada celeste é mais brilhante perto do sol e mais escura no horizonte (Figura 1.3-a). Considerando a condição de céu encoberto, a porção zenital apresenta luminância três vezes maior que a porção próxima a linha do horizonte (Figura 1.3-b).

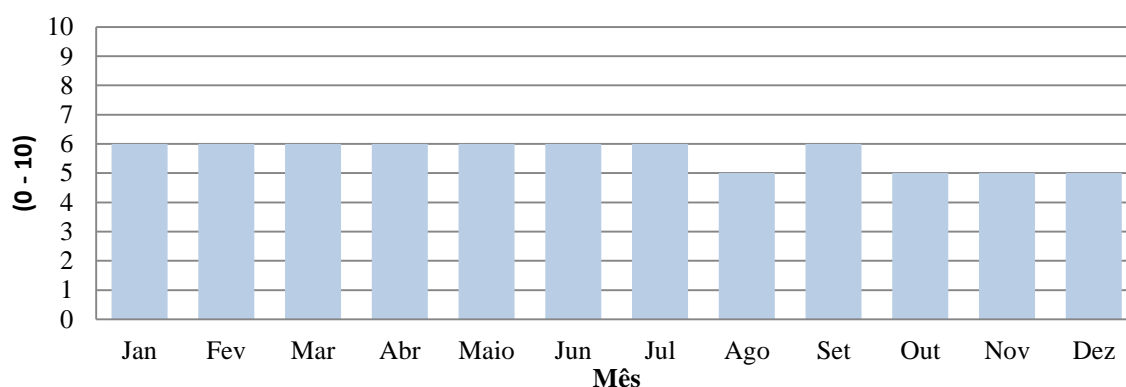
Figura 1.3 – a) Distribuição de iluminâncias para o céu claro; b) Distribuição de luminâncias para o céu encoberto



Fonte: Moore, 1991

São apresentados na figura 1.4 abaixo os dados de nebulosidade extraídos das Normais Climatológicas (1961 – 1990) para a cidade de João Pessoa-PB. Os índices mensais de nebulosidade são classificados de acordo com uma escala de 0 a 10, onde de 0 a 3 é considerado céu claro; de 4 a 7 é considerado céu parcialmente encoberto e de 8 a 10 é considerado céu encoberto.

Figura 1.4 – Nebulosidades mensais para a cidade de João Pessoa-PB



Fonte: BRASIL (2013).

De acordo com a figura 1.4, observa-se pouca variação da nebulosidade ao longo do ano, apenas uma ligeira baixa no mês de agosto e de outubro a dezembro. Nos meses restantes a nebulosidade mantém-se estável, atingindo o nível 6. Considerando-se os dados de nebulosidade, o céu da cidade de João Pessoa pode ser considerado parcialmente encoberto.

No estudo de Souza e Pereira (2004), é feita uma compilação dos dados obtidos nos dois primeiros anos (2002 – 2003) de operação da Estação de Medição de Iluminação Natural de Florianópolis/SC – EMIN Floripa. Com os dados obtidos foi possível analisar através dos índices de claridade e brilho a frequência de tipos de céu (claro, encoberto e intermediário) em cada mês ao longo do ano para esta estação. Através dos dados de iluminância global e difusa, os autores verificaram que a iluminância de céu aumenta à medida que se aproxima do meio-dia e que é maior nos meses que vão de janeiro a março e de outubro a dezembro.

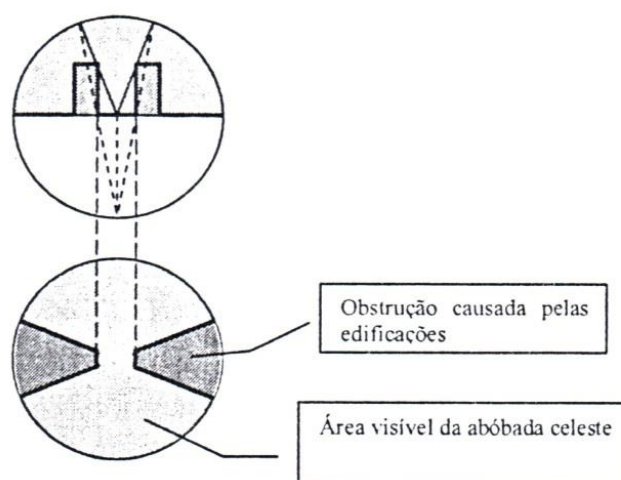
Com as informações sobre a iluminância do céu é possível analisar qual a porcentagem do tempo que se pode contar com níveis de iluminação acima de determinado valor. Essa informação é bastante útil para as análises que usam métodos de cálculo que fornecem o percentual de iluminação interna em relação aos níveis externos, como o fator de luz diurna (FLD – ou *daylight factor*, DF) ou diagrama de contribuição relativa de luz (DCRL).

1.2.2 O entorno e a obstrução do céu

A quantidade de iluminação natural em um ambiente interno é dependente das características do seu entorno. Autores como Hopkinson et al (1975) destacam que o planejamento da luz natural exige atenção ao efeito das obstruções circunvizinhas. Os autores enfatizam ainda que, esse efeito, atinge a sua máxima gravidade nas áreas densamente urbanizadas, mesmo em áreas com predominância de elementos naturais, como árvores altas, podem provocar uma obstrução considerável, que se traduz em grande redução na quantidade de luz natural no interior da edificação. Nos recintos urbanos, a geometria, a volumetria e a diversidade dos elementos construídos ou naturais resultam em diferentes comportamentos da luz natural (CÓRICA E PATTINI, 2006)

A quantidade de luz natural admitida em determinado ponto, localizado no interior de um ambiente depende, dentre outras variáveis, da parte de céu visível observada a partir deste ponto, denominada Fator de Céu Visível - FVC. O FVC é um parâmetro dimensional da quantidade de céu visível presente em uma localidade, e está representado por um valor que oscila entre zero e um. Em termos geométricos, e de acordo com a Figura 1.5, qualquer edificação, elemento ou equipamento urbano, pertencente ao plano do observador posicionado na camada intraurbana, representa uma obstrução à abóbada celeste (SOUZA et al, 2005).

Figura 1.5 – Exemplo de representação de FVC em projeção estereográfica.



Fonte: SOUZA, et al., 2005.

Para Ünver et al. (2003), a obstrução do céu se caracteriza como um dos fatores de maior influência na luz natural presente no ambiente externo. No entanto, ignorar o entorno é uma das simplificações mais comuns no desenvolvimento do projeto da iluminação natural.

Diversas pesquisas têm comprovado que, para que ocorra o aproveitamento da luz natural no interior das edificações, é necessário, antecipadamente, incluir a luz natural no planejamento das cidades, vinculando-se o planejamento urbano ao planejamento da edificação. Assim demonstra o estudo de Leder e Pereira (2008), onde é analisado, na cidade de Florianópolis, o impacto da aplicação dos limites máximos de ocupação do solo, permitidos pela legislação, na disponibilidade de luz natural direta e indireta. Os autores observaram que o aumento da densidade construída pode reduzir significativamente a luz natural no meio urbano. A definição de limites máximos de obstrução do céu deve basear-se no conhecimento do impacto, da mesma, sobre a disponibilidade de luz natural.

Tal constatação foi observada também por Córlica e Pattini (2011), que sugerem a reformulação do Código de Urbanismo e Edificações da cidade de Mendonça. Os autores realizaram simulações computacionais de um recorte urbano, no qual se considerou dois cenários: a situação atual e a situação densificada, segundo os indicadores máximos edifícios. Com os resultados os autores concluíram que a iluminação natural verificada nos planos verticais do edifício de referência, em geral, é insuficiente, devido ao bloqueio dos edifícios do entorno. Esse mesmo entorno é também fonte de contribuição da luz, através da componente refletida. Os autores destacam o potencial da componente refletida como fonte de luz natural em áreas de alta densidade.

No estudo de Mascaró e Dutra (1997), realizado na cidade de Porto Alegre, com edifícios de até 30 pavimentos, constatou-se que o fator de visão do céu era de 32%, o que, segundo os autores, determinou um sombreamento de 95% das superfícies horizontais e 45% das verticais orientadas para o norte no inverno, além da redução da iluminação natural em 95%.

No estudo desenvolvido por Córlica e Pattini (2006), foi comparada a disponibilidade da luz natural em três diferentes cenários urbanos da cidade de Mendonça – Argentina, considerando a influência da vegetação no Fator de Visão de Céu. O primeiro cenário considera a morfologia urbana relacionada à variável largura da via, com resultados mais satisfatórios para vias mais largas (30 metros). No segundo cenário, três espécies arbóreas predominantes em cada via foram comparadas, os autores observaram que o cânion arbóreo formado pela árvore fresno (denominação em espanhol da espécie *Fraxinus Excelsior*) permitiu maior abertura de céu, em relação às árvores mora (*broussonetia papyrifera*) e plátano (*Platanus occidentalis*). No terceiro cenário, foram comparadas duas tipologias de cânion arbóreo: com e sem canteiro central. A presença da vegetação resultou em abertura de céu de aproximadamente 50%.

Muitos pesquisadores têm demonstrado que a configuração do meio urbano influencia no consumo energético das edificações. A elevada obstrução da abóbada celeste reduz a disponibilidade de luz natural, fato evidenciado na pesquisa de Steemer (2003), onde o autor observa que um aumento de 10^o nas obstruções pode resultar em aproximadamente 10% de aumento no consumo de energia.

O sistema de luz artificial é o responsável por grande parte do consumo de energia das edificações, a partir desse fato pode-se inferir que menor disponibilidade da luz natural resulta em maior consumo de energia. No estudo de Vianna e Gonçalves (2001) realizado em três cidades com características e climas distintos, revelou-se que o sistema de luz artificial foi responsável por 50% dos gastos com o consumo de energia elétrica em escritórios. Os autores concluíram ainda que no setor hospitalar de 20% a 30% da eletricidade podem ser atribuídos à iluminação artificial; em fábricas este percentual é de 15%; e, em escolas, este percentual pode variar de 10% a 15%.

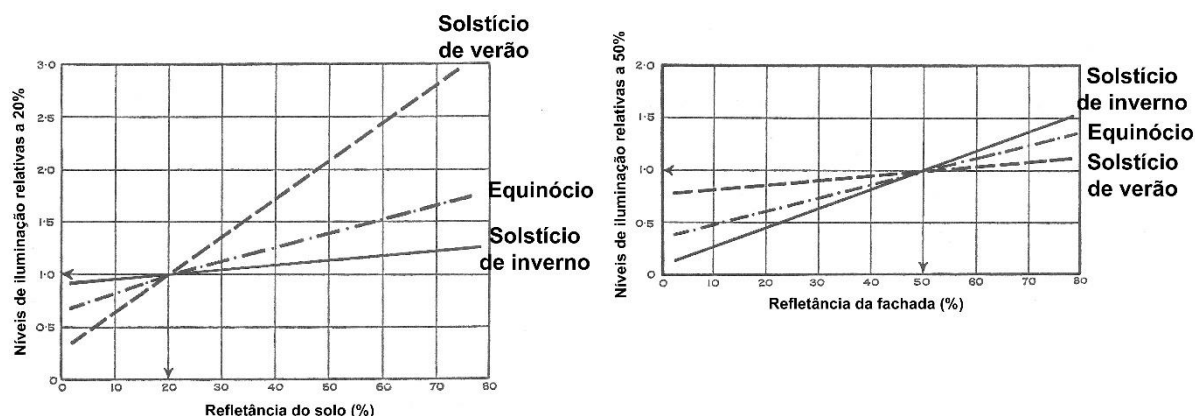
1.2.3 Reflexões externas

A componente refletida externa é considerada por vários autores como uma importante fonte de luz natural, principalmente em regiões onde o sol está frequentemente obstruído. A determinação da refletividade do entorno é importante para caracterizar as condições de iluminação natural. No método do fluxo dividido, a componente refletida é uma das três fontes utilizadas para o cálculo da iluminação natural (HOPKINSON et al., 1975).

Li et al (2006), destacam que a luz natural refletida pode ser considerada como a principal fonte de iluminação nos ambientes internos. Da mesma forma, Ng e Wong (2004) apontam para a importância da reflexão dos materiais, ressaltando que em condições urbanas densas, a luz refletida tem um papel muito importante na iluminação natural, sendo que tal contribuição dependerá da capacidade de reflexão do material e de como tais superfícies são iluminadas.

Hopkinson et al. (1975) realizaram estudos verificando a influência que as reflexões das fachadas e do solo tem sobre os níveis de iluminação no interior de ambientes. O estudo considerou o interior de um modelo em escala reduzida, onde foi levado em conta apenas a luz solar refletida do exterior, na hipótese do edifício estar orientado de tal forma que a luz solar direta não penetra no ambiente.

Figura 1.6 - Influência das refletâncias do solo e da fachada nos níveis de iluminação no interior de um ambiente



Fonte: HOPKINSON et al., 1975.

Com os resultados, (figura 1.6), os autores chegaram à conclusão que a refletância da fachada pouco varia no verão ao passo que a refletância do solo tem maior efeito no verão, mas um efeito relativamente pequeno no solstício de inverno. Observa-se ainda que, quando o solo apresenta refletância superior a 15%, os níveis de iluminação no ambiente interno se elevam consideravelmente no verão, de forma intermediária no equinócio e pouco se alterando no inverno. Já para as fachadas, quando a refletância é superior a 50 %, os níveis de iluminação no inverno são mais elevados, enquanto que no verão são mais baixos. Para refletâncias menores que 50%, no verão os níveis de iluminação no ambiente interno são maiores, e no inverno menores.

Cabús (2002a) também verificou a importância da contribuição da luz refletida para a iluminação natural no ambiente interno. O autor demonstra que a contribuição pode variar de 10% a 40%, maiores valores sendo observados na condição de luz solar direta no solo.

A partir de medições *in loco* em ambiente urbano, Leder (2007) obteve um coeficiente de reflexão médio das superfícies verticais para o recorte urbano estudado de aproximadamente 43,9%, indicando que os valores de 20% usualmente recomendados por diversos autores, estão abaixo daqueles normalmente encontrados em uma situação real, o que pode mascarar a efetiva disponibilidade de luz natural no ambiente urbano.

A vegetação também interfere na iluminação natural, já que é um elemento existente no entorno das edificações (CHAIYAKUL, 2004). As árvores reduzem a inter-reflexão entre as edificações adjacentes a elas. A magnitude dessa redução dependerá das características dessas árvores - largura da copa e da densidade da folhagem, assim como da geometria do meio edificado (canyon urbano). O autor ressalta ainda que o maior efeito de redução da luz natural com árvores é percebido nas inter-reflexões entre as edificações adjacentes e os pontos onde o céu não é visto devido à presença da vegetação.

1.3 A vegetação arbórea

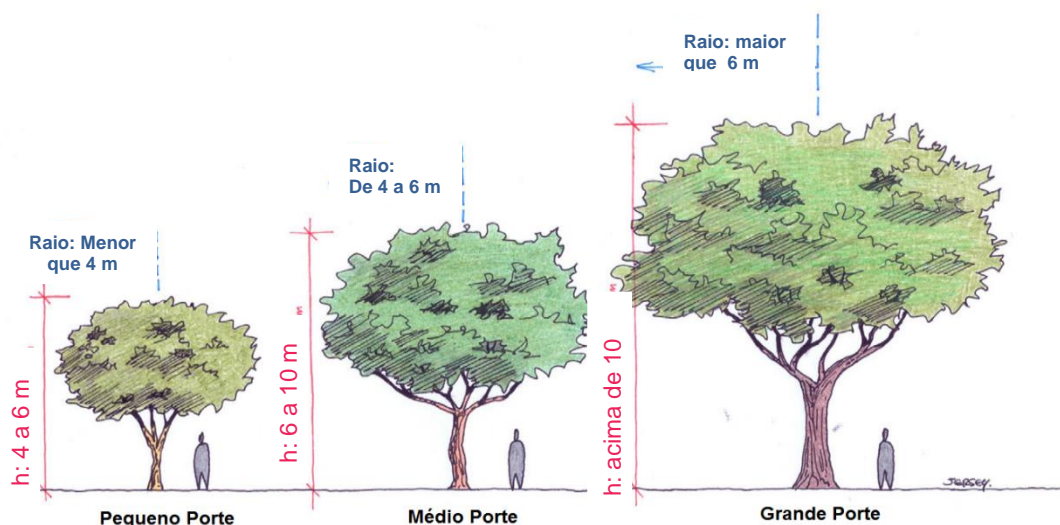
De acordo com Correia (2009), as árvores são caracterizadas como plantas lenhosas terrestres que possuem um tronco principal e crescem em altura e diâmetro por vários anos. A vegetação arbórea pode ser considerada a maior forma de vida existente no planeta, presentes em praticamente todos os continentes. Apresentam alto grau de complexidade e de adaptações às condições do meio, permitindo sua convivência em diversos ambientes, incluindo as cidades.

As folhas são os principais órgãos das árvores, elas podem tomar formatos diversos. É nelas que se dá o processo de fotossíntese. Os ramos organizam as folhas na copa de modo a otimizar a sua exposição ao sol para fazerem a fotossíntese, evitando a sua sobreposição. O tronco eleva os ramos e as folhas a grande altura, tem também a função de transportar a água e os minerais desde às raízes até às folhas e, em sentido inverso, os produtos da fotossíntese até as raízes. As raízes por sua vez, absorvem do solo toda água e minerais que a planta necessita e, simultaneamente, fixam a árvore à terra. As árvores são classificadas em dois grandes grupos: as gimnospérmicas e as angiospérmicas. As gimnospérmicas são as árvores mais antigas da história da terra. Vulgarmente são identificadas por características comuns à maioria das suas espécies, como por exemplo as folhas em forma de agulha. Nas angiospérmicas a forma das folhas varia muito conforme as espécies, mas são comuns as folhas largas.

A estrutura de uma árvore, suas raízes, tronco galhos e folhas, não é produto de processos aleatórios. Todas as características de porte, forma da copa, disposição de folhas e flores, já estão pré-definidos na semente, antes da germinação. Estas características estruturais são comuns aos indivíduos de uma mesma espécie, recebendo o nome de modelo arquitetônico da espécie (SEITZ, 1996). O conhecimento das características de cada espécie, deve ser a base para a escolha de espécies arbóreas para a inserção em áreas urbanizadas, pois assim adquirirá as funções definidas no projeto – delimitadora de espaços, de usos, de conexão entre espaços da cidade, amenizadora do microclima, entre outras.

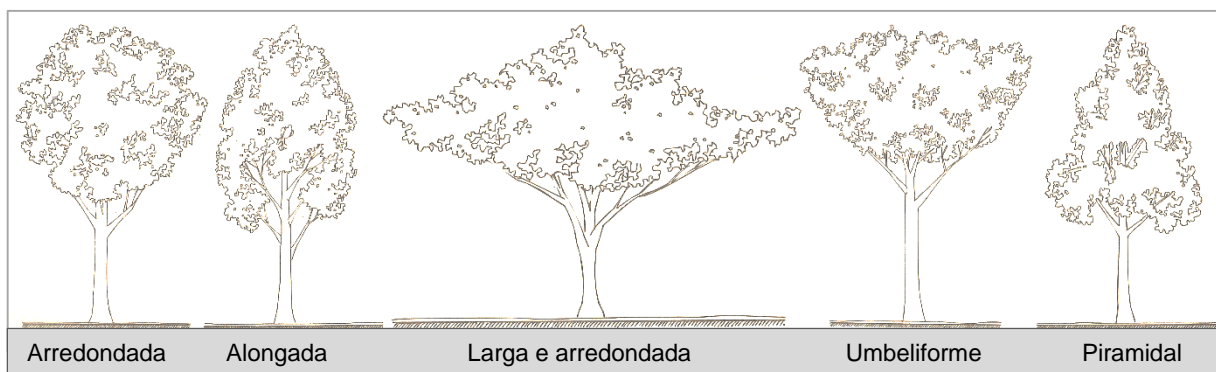
1.3.1 Morfologia - Porte, Copa, Folha

O porte (altura) é um dos critérios de classificação das árvores. Segundo Mascaró (2010), elas são divididas em três tamanhos: pequeno porte (4 a 6 metros), médio porte (6 a 10 metros) e grande porte (acima de 10 metros). O porte das árvores também é caracterizado pelo diâmetro das copas: pequeno porte – menor que 4 metros; médio porte – entre 4 e 6 metros e grande porte – maior que 6 metros (Ver figura 1.7).

Figura 1.7 - Classificação das árvores segundo o porte

Fonte: Adaptado de PMJP (2011).

Para Mascaró (2010), a forma geométrica da copa pode variar conforme a estrutura dos galhos principais, densidade das ramificações e tipos de folhas, assim, conforme figura 1.8, as copas podem ter formato arredondado, piramidal, umbeliforme, alongada e laminar.

Figura 1.8 - Classificação das árvores segundo a forma geométrica da copa

Fonte: Adaptado de Mascaró (2010).

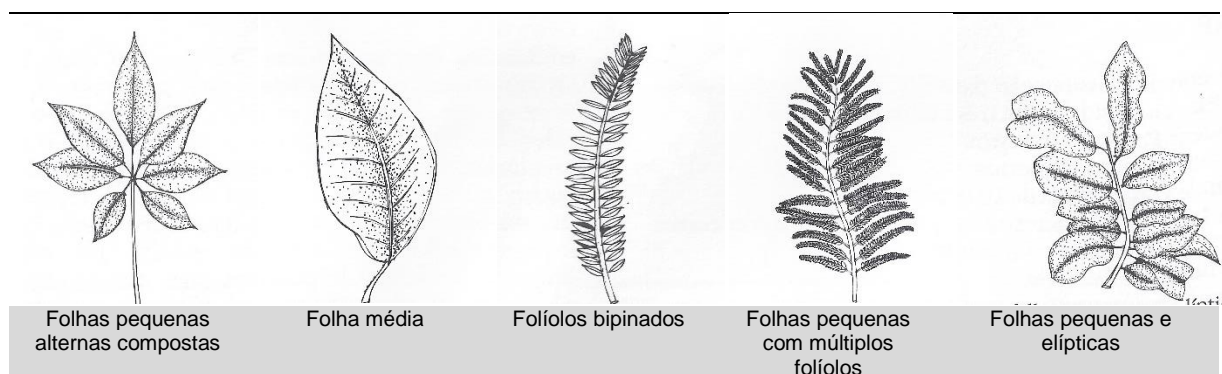
A copa é formada pelo conjunto de galhos, folhas, flores, frutos e sementes. Durante a estação fria, chamada também de período de dormência, algumas espécies perdem suas folhas e por isso são denominadas de caducifólias ou decíduas. As que mantem sua folhagem o ano todo são denominadas perenes. No período de brotação e florescimento (normalmente na primavera) as semidecíduas perdem parte de suas folhas para dar lugar as flores.

As folhas são as partes extremas das árvores. Mascaró (2010), afirma que as folhas têm como funções, durante o dia, captar o CO₂ do ar para a realização da fotossíntese e, durante a noite, captar o O₂ para respiração e eliminar o excesso de água através dos

estômatos. Geralmente, as folhas são de cor verde e, conforme a quantidade de clorofila, podem variar do verde mais escuro até as mais amarelas que, em geral crescem menos.

Ainda segundo a autora, o tamanho da folha está diretamente relacionado à densidade da copa. Folhas pequenas (menor do que 5cm) permitem à copa maior permeabilidade ao vento e à radiação solar. As médias (entre 5 e 15 cm) e grande (maior do que 15 cm) originam uma copa densa e conseqüentemente pouco rarefeita (Ver figura 1.9).

Figura 1.9 – Diferentes tipos de folhas



Fonte: Adaptado de Mascaró (2010).

A superfície das folhas pode ser fosca ou brilhosa, o que determinará o tipo de sombreamento produzido pela árvore; lisa ou rugosa, o que interferirá na porcentagem de umidade relativa do ar sob a árvore.

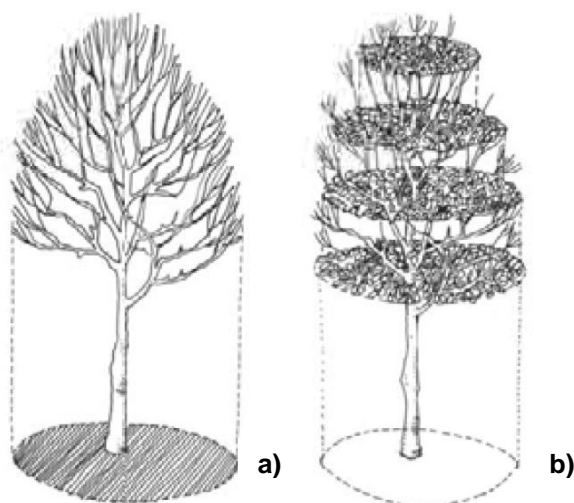
1.3.2 Índice de Área Foliar – IAF

Segundo Watson (1947) apud Giunti (2007), o IAF - Índice de Área Foliar, é a área foliar integrada do dossel por unidade de superfície projetada no solo (m^2/m^2). Assim, o IAF é uma variável adimensional (m^2 folha / m^2 de solo) (Figura 1.10-ab). O IAF se relaciona com a quantidade de luz interceptada pela copa e tem influência direta nas temperaturas superficiais das áreas sombreadas, como afirmam Edwards e Thornley (1972) apud Durante e Nogueira (2013). Copas densas possuem IAF elevado, portanto transmitem menor quantidade de luz sob a copa, da mesma forma, o inverso.

O IAF da vegetação depende de alguns fatores como: composição de espécies, estágio de desenvolvimento, as condições prevalentes no local, a sazonalidade e as práticas de gestão. IAF é um parâmetro dinâmico, ele muda de dia para dia (principalmente na primavera e outono) e, impulsionado pela dinâmica do local, de ano para ano (WELLES, 1990 APUD JONCKHEERE, 2004).

O IAF pode ser utilizado como um parâmetro facilitador na escolha de espécies que contribuam com o aumento da qualidade de ambientes urbanos, possibilitando um aumento na qualidade de vida e um efeito positivo na qualidade do ar e microclima, principalmente em cidades de clima quente.

Figura 1.10 – a) Projeção do diâmetro da copa. b) Exemplo de IAF - distribuição da quantidade de folhas em relação ao diâmetro da copa



Fonte: Townbridge e Bassuk (2004) apud Shinzato (2009).

O conhecimento da estrutura da copa arbórea é importante para o maior entendimento das repostas vegetais a estímulos ambientais, pois as inter-relações existentes entre vegetal e ambiente são orientadas pelo IAF. Yu e Hien (2006) e Piveta (2010), estudaram o sombreamento por vegetação e concluíram que as contribuições da vegetação nas condições ambientais internas de edificações relacionam-se diretamente com o Índice de Área Foliar (IAF) da vegetação, o que demonstra a importância deste índice em estudos que envolvem o tema proposto neste trabalho.

1.3.2.1 Métodos de medição de IAF

A medição dos valores do Índice de Área Foliar (IAF) pode ocorrer por meio de métodos diretos e indiretos, destrutivos ou não. Coelho (2012), define estes métodos da seguinte forma:

Métodos diretos - estão relacionados às medidas tomadas diretamente na árvore, sendo muito importantes para estimativa adequada e amostragem representativa, que será maior ou menor em função do tamanho e da espécie arbórea. Os métodos diretos apresentam maior precisão quando bem aplicados, mas aumentam progressivamente o tempo de dedicação da análise à medida em que aumentam a complexidade da copa. Várias

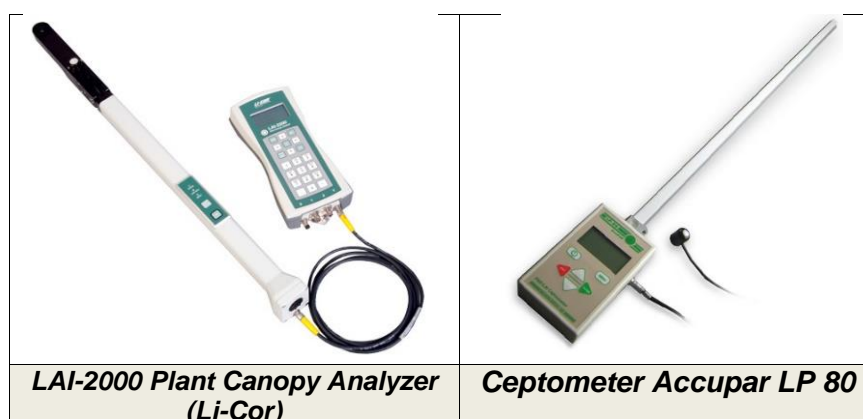
dificuldades ocorrem nessa determinação em espécies arbóreas, principalmente em função do porte e do número de folhas de árvores adultas.

Métodos indiretos - se baseia em medidas da transmissão da luz direta e/ou difusa através da copa, com possibilidade de armazenamento dos dados em memória eletrônica e posterior utilização com tratamento informatizado. Tais métodos apresentam a vantagem de não ser destrutivos e de permitirem maior frequência de leituras pela rapidez de mensuração, utilizando apenas a informação da fração de radiação transmitida. As potenciais fontes de erro destes métodos estão associadas à interceptação da radiação por ramos e troncos, com superestimativa de resultados principalmente em condições de baixo IAF.

Desde os anos sessenta, numerosos estudos propuseram medidas indiretas da estrutura de copas de árvores. Stenberg (1996), Nackaerts et. al. (2000), Yu e Hien (2006) e Majasalmi et. al. (2012), realizaram estudos de estimativa do índice de área foliar através de método indireto, utilizando o equipamento analisador de dossel *LAI-2000 Plant Canopy Analyzer (Li-Cor)*.

Este equipamento, hoje substituído pelo LAI-2200 desde 2010, calcula o IAF pelas medidas de radiação feita com um sensor óptico acoplado a uma lente grande angular de 148°. As medidas são feitas acima e abaixo da copa para se determinar a interceptação da luz em cinco ângulos. Apesar do método ser não-destrutivo e da automática estimativa do IAF, o *LAI-2000* considera a distribuição das folhas de forma aleatória, o que gera uma baixa estimativa quando as folhas estiverem mais agrupadas ou sobrepostas. Além disso, os cálculos são precisos apenas para a luz indireta que atravessa a copa, sendo que a luz direta induz a erros nessas estimativas (HOSOI e OMASA, 2006).

O Ceptômetro (Figura 1.11) é outro equipamento capaz de fazer leituras do Índice de Área Foliar (IAF) sem que haja destruição da vegetação, ou seja, é um método indireto não destrutivo. Por este equipamento, pode-se medir a interceptação de luz sob a copa das plantas e calcular o IAF entre outros parâmetros. Oliveira et al., (2010) avaliaram a influência do índice de área foliar (IAF) no microclima de praças públicas na cidade de Cuiabá- MT, Brasil, utilizando o *Ceptometer Accupar LP 80*, obtendo resultados satisfatórios. Os resultados demonstraram que para cidades de clima quente, espécies arbóreas com maiores valores de IAF melhoram a qualidade ambiental dos espaços urbanos.

Figura 1.11 - Equipamentos analisador de dossel

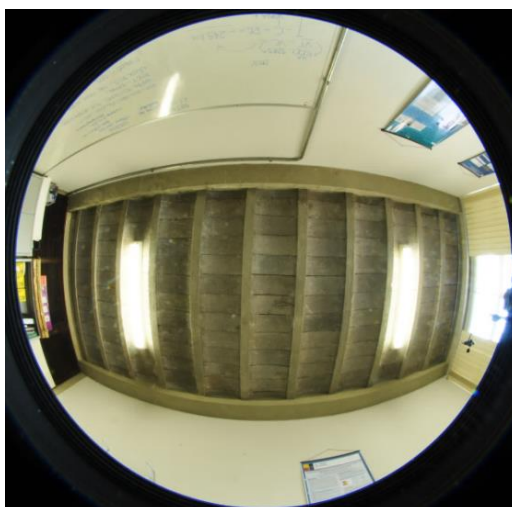
Fonte: disponível em: http://envsupport.licor.com/index.jsp?menu=Area_Meters&spec=LAI-2200,Manuals Acesso em 14 de nov. 2013.

A análise de fração de lacuna (a fracção de céu visível através da copa) é um dos métodos indiretos mais usados. O princípio básico da análise de fração de lacuna da copa é que a área de uma das faces de todas as folhas da copa pode ser deduzida através de medições da área das lacunas da copa. Esta, por sua vez, pode ser estimada através de fotografias hemisféricas da copa.

A análise de imagens de fotografias hemisféricas de árvores proporcionam um método alternativo prático para medir as características de copas de árvores, as quais são úteis para a simulação da iluminação natural. Como um método não destrutivo, a fotografia hemisférica é usada para medir o IAF em copas de árvores desde 1970. Este método tem experimentado um ressurgimento nos últimos anos com o desenvolvimento da tecnologia fotográfica e de processamento (ZHAO et al. 2014). Ainda segundo o autor, a fotografia hemisférica apresenta inúmeras vantagens, como o baixo tempo de processamento e despesas financeiras, facilidade de operação, bem como o estabelecimento de um registro permanente de informações da copa como posição, tamanho, densidade e distribuição de abertura.

As fotos hemisféricas utilizadas para estudar as copas das árvores podem ser obtidas por meio de uma câmera fotográfica digital com uma lente olho de peixe situada em baixo da copa (orientada para Zênite). Lentes *olho de peixe* são as lentes com distância focal muito curta e um amplo campo de visão, em torno de 180° ou mais. Assim, uma única imagem olho de peixe pode representar uma grande parte do ambiente, conforme figura 1.12. Imagens tiradas com uma lente olho de peixe, permitindo um campo de visão de 180°, são também chamadas de imagens hemisféricas (SCHNEIDER, 2009).

Figura 1.12 - Imagem olho de peixe com orientação voltada para o zênite

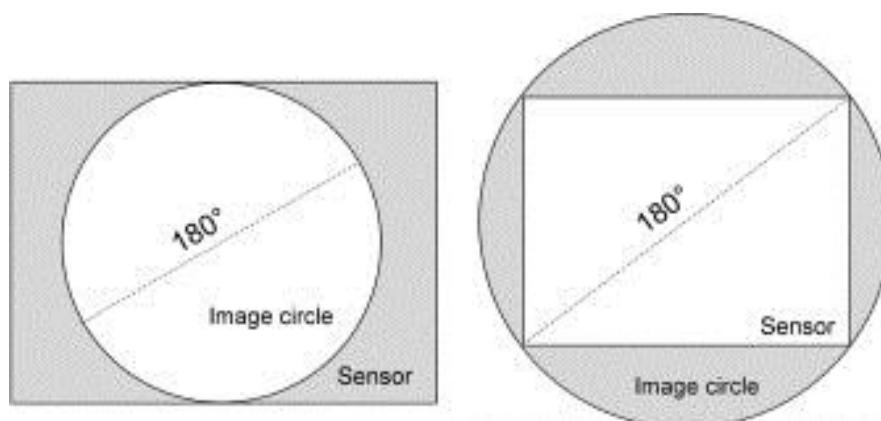


Fonte: Acervo da autora

Em essência, as fotografias hemisféricas produzem uma projeção de um hemisfério em um plano. A natureza exata da projeção varia de acordo com a lente utilizada. De acordo com Schneider (2009), as lentes *olho de peixe* são classificadas pelo tamanho do diâmetro do círculo da imagem em relação ao formato do sensor.

Elas podem ser diferenciadas, conforme figura 1.13, em lentes olho de peixe de imagem circular ou lentes *olho de peixe de quadro cheio*. A imagem de uma lente olho de peixe circular estará inserida completamente no interior do sensor da câmera, ou seja, o diâmetro do círculo da imagem corresponde ao menor lado do formato do sensor. Desta forma, algumas partes do sensor não são utilizadas. No caso da imagem da lente *olho de peixe de quadro cheio* (Figura 1.13), o diâmetro do círculo corresponde à diagonal do formato do sensor, por isso também é conhecida por olho de peixe diagonal. Neste caso, o campo de visão máximo só pode ser alcançado na diagonal da imagem, enquanto que os ângulos horizontal e vertical serão menores que 180° .

Figura 1.13 – Olho de peixe circular e olho de peixe de quadro cheio

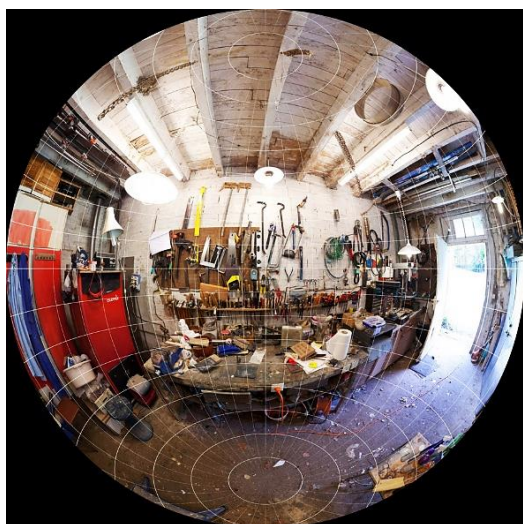


Fonte: Schneider (2009).

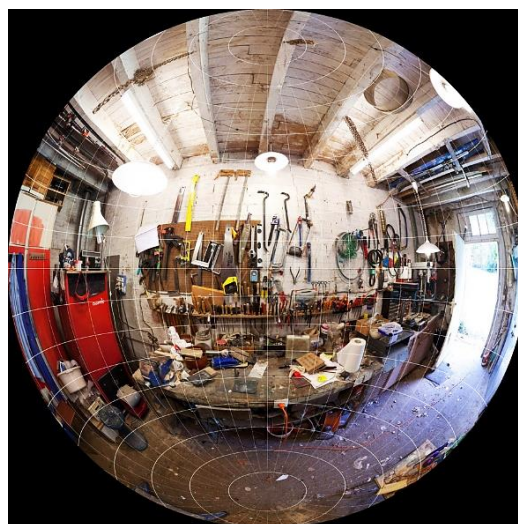
Segundo Schneider (2009), as lentes *olho de peixe* também podem ser classificadas pela geometria da projeção. A literatura classifica quatro tipos de lentes olho de peixe, segundo os seguintes conceitos relacionados às imagens da figura 1.14.

- **Projeção equidistante** - Os ângulos de incidência são convertidos de forma linear em distâncias radiais dentro da imagem. Portanto, esta projeção permite a medição de ângulos de direção radial.
- **Projeção ortográfica** – Para este tipo de projeção, a distância radial na imagem é proporcional ao ângulo de incidência. Desta forma, é realizado uma projeção ortogonal do hemisfério no plano, embora isso leve a uma forte deformação nas margens da imagem.
- **Projeção esteriográfica** – Projeção com ângulos iguais, isto é, o ângulo no espaço do objeto e o ângulo correspondente na imagem são idênticos. Desta forma as proporções do objeto permanecem inalteradas.
- **Projeção ângulo equisólido** - Este tipo de projeção também pode ser chamado de projeção de áreas iguais. Isto significa que a proporção de um ângulo sólido incidente e sua área resultante na imagem é constante. As lentes com este tipo de projeção são, particularmente adequadas para medir áreas de cobertura, como por exemplo, cobertura de dossel.

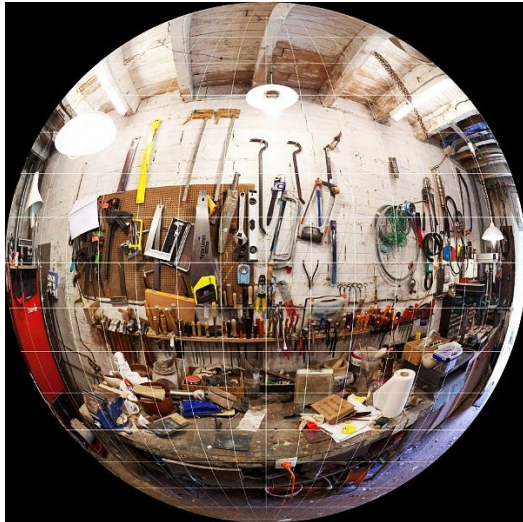
Figura 1.14 – Tipos de lentes olho de peixe quanto à geometria de projeção



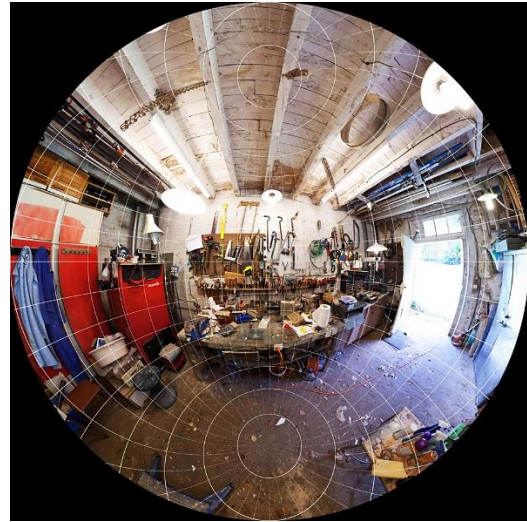
Projeção equidistante



Projeção ângulo equisólido



Projeção ortográfica



Projeção esteriográfica

Fonte: disponível em:

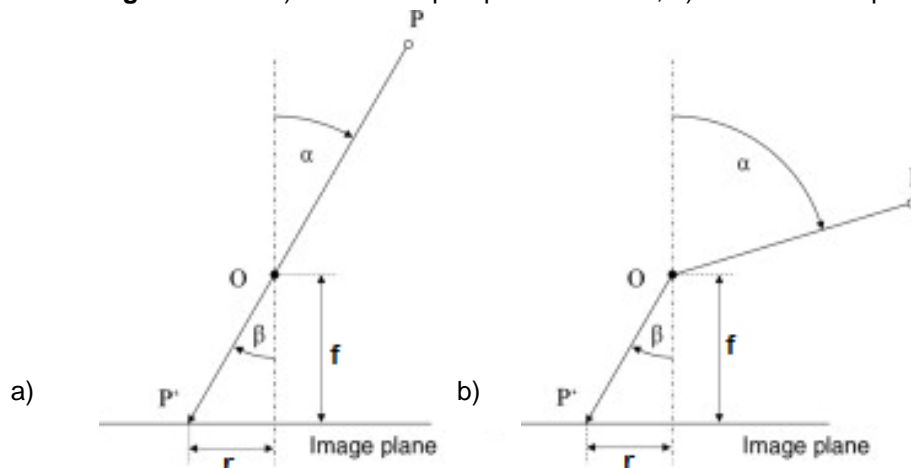
<http://michel.thoby.free.fr/Fisheye_history_short/Projections/Various_lens_projection.html> Acesso em 14 de nov. 2013.

Os modelos matemáticos para cada tipo de projeção se identificam da seguinte forma:

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| • Equidistante | $r = f \cdot \alpha$ |
| • Esteriográfica | $r = 2f \cdot \tan(\alpha/2)$ |
| • Ângulo equisólido | $r = 2f \cdot \sin(\alpha/2)$ |
| • Ortográfica | $r = f \cdot \sin(\alpha)$ |

Onde, r é o raio da imagem; f é a distância; e α é o ângulo de incidência. As lentes de perspectiva central, ou seja, as lentes que não são olho de peixe não apresentam distorção angular em sua projeção. Neste caso, conforme a figura 1.15-a, o ângulo de incidência é igual ao de reflexão. Já na projeção da lente fisheye, o ângulo de reflexão é diferente do ângulo de incidência (Figura 1.15-b).

Figura 1.15 – a) Lente com perspectiva central; b) Lente olho de peixe



Fonte: Adaptado de Schneider (2009).

Muitos estudos já usaram a fotografia hemisférica como uma ferramenta para determinar a influência de obstruções na disponibilidade de radiação solar em espaços urbanos. O fator de visão de céu é um dos fatores utilizados para realizar essa caracterização. A análise de fotografias hemisféricas é um método que é capaz de determinar o FVC. É o caso do estudo de Holmer (1992), que verificou, através de fotografias hemisféricas, um método simples para a determinação do FVC em cânion urbano. Já Hardy et. al. (2004), utilizou as imagens *olho de peixe* para mensurar a transmissão da radiação solar sob copa de árvores coníferas.

Simões et al. (2007) compararam valores de IAF de oliveiras jovens, obtidos através de métodos diretos destrutivos e um método indireto que foi o de fotografias hemisféricas. Os autores, assumindo que os métodos diretos estimam o IAF com maior precisão, os valores obtidos destrutivamente foram utilizados como referência para o cálculo de equações de regressão entre os resultados dos métodos indireto e direto. A partir disso foi possível ajustar mais precisamente os valores determinados, através da fotografia hemisférica.

Al-Sallal (2009) determina a densidade de copas de espécies arbóreas com fotografias hemisféricas em estudos relacionados à disponibilidade de iluminação natural em salas de aula. A partir da análise das imagens, o autor consegue obter uma estreita relação entre o modelo desenvolvido e o tipo arbóreo real.

Para a análise de imagens hemisféricas utiliza-se software especializado, como *HemiView*, *Gap Light Analyzer*, entre outros. O processamento deste tipo de imagem envolve a classificação dos pixels em céu visível (píxel branco) e céu obstruído (píxel preto), gerando um mapa do céu. No caso da copa de árvores, uma fotografia hemisférica pode ser interpretada como um mapa das direções de frações de lacuna em relação ao local em que a foto é tirada. Assim, este poderia ajudar a estudar a penetração da luz em copas de árvores e do impacto sobre edifícios próximos.

1.4 O efeito da vegetação sobre a iluminação

Os fatores que influenciam a disponibilidade da luz natural são diversos. Dentre eles, podemos destacar a obstrução do entorno, variável de grande impacto em áreas densamente urbanizadas. O planejamento da luz natural exige atenção especial ao efeito das obstruções circunvizinhas, mesmo em áreas pouco urbanizadas, elementos naturais como a vegetação arbórea podem provocar uma obstrução considerável, que se traduz na alteração na quantidade de luz natural disponível no interior dos ambientes (HOPKINSON et al., 1975).

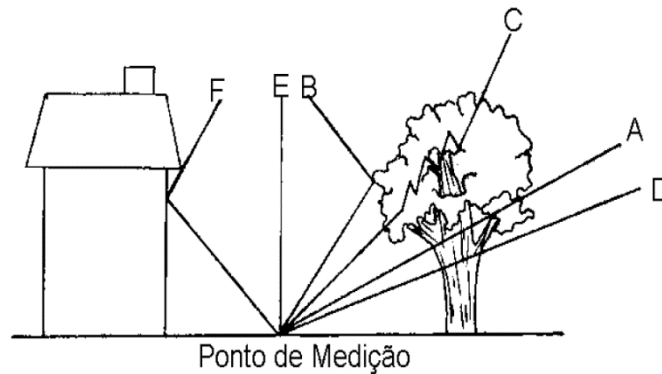
Inúmeros estudos já comprovaram que as árvores interagem com o ambiente habitável. Sua presença ou ausência resulta em diferenças significativas no clima local, podendo influenciar tanto o macroclima de uma região, quanto o microclima em torno de um edifício. A arborização inserida no meio urbano pode oferecer proteção solar para os edifícios, reduzindo o consumo de energia para o condicionamento térmico interior devido à sua sombra, influenciando nas trocas de calor e provocando diminuição das temperaturas (VILLALBA et al., 2014). Segundo Sattler et. al. (1987), embora seja fácil reconhecer as vantagens de um bom desenho arbóreo, a complexidade da interação árvore – ambiente, resultante da variabilidade dos elementos envolvidos, faz com que o estabelecimento de linhas de orientação para concepção se torne difícil. No estudo de Donovan e Butry (2009), o sombreamento proveniente do entorno arborizado resultou em uma redução aproximada de 5% no consumo de energia elétrica com ar-condicionado.

Apesar de existir uma grande variedade de estudos que tratam do impacto que a arborização urbana tem sobre a redução da radiação solar disponível em ambientes fechados (BARTHOLOMEI, 2003; SHASHUA-BAR e HOFFMAN, 2000; RIGITANO, 2004; PIVETTA, 2010 E BERRY, R.; LIVESLEY, S. J.; AYE, L., 2013), em relação a iluminação natural, há relativamente poucos estudos que investigam as árvores como elementos de controle da luz do dia em ambientes internos.

Yates e McKennan (1989) ressaltam o uso positivo do sombreamento em locais de intensa radiação solar direta e exemplifica com valores da densidade visual de diversas árvores. Comentam ainda sobre a grande variedade de técnicas de medição da atenuação luminosa obtidas e os parâmetros medidos, dentre eles, os métodos que utilizam a radiação solar, a iluminância e a densidade de obstrução física das árvores. Também salientam sobre a dificuldade das medições deste tipo, afirmando que não há uma maneira simples de efetua-las, devido à grande gama de variáveis envolvidas.

Os autores apresentam na figura 1.16 os possíveis caminhos da iluminação difusa da abóbada celeste nas árvores e no ambiente construído, na escala do edifício. Os caminhos identificados são: A - Penetração da luz direta nos vazios dos galhos e folhas; B - A reflexão da luz pela árvore; C - Penetração da luz refletida internamente nos galhos da árvore; D - Iluminação transmitida através das folhas; E - Iluminação refletida pelo albedo do solo para o hemisfério superior da abóbada celeste; F - Iluminação refletida pelo albedo do solo para edificação.

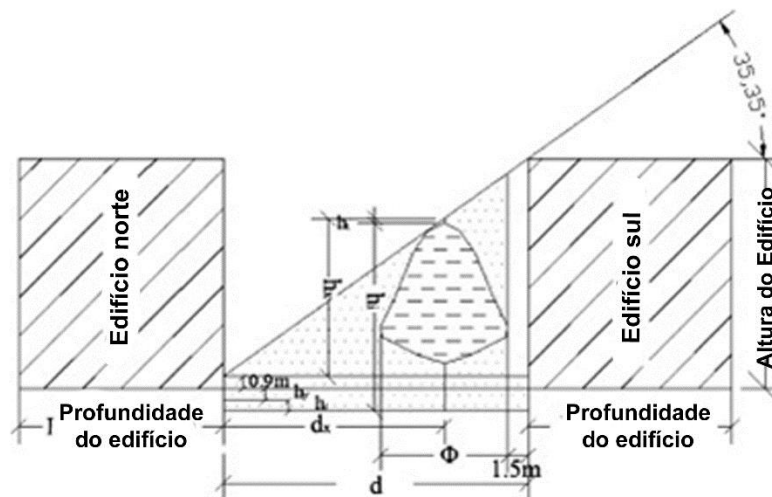
Figura 1.16 – Representação esquemática dos caminhos da luz difusa através da árvore



Fonte: Yates e McKennan (1989),

O estudo de Hongbing et al. (2010) verificou a relação entre a altura de árvores e a distância aos edifícios (Figura 1.17), levando em conta a iluminação natural. Foram estudados três casos com diferentes configurações entre edifícios e espaços verdes na cidade de Xangai. Para cada caso, verificou-se diferentes limites de altura de árvore de acordo com a forma da copa (cilíndrico, cônico, esférico e cônico invertido). Os autores chegaram a um modelo matemático que permite determinar tipos arbóreos ideais a serem plantadas entre diferentes configurações de edifícios, onde é possível prever os efeitos da futura árvore sobre a iluminação natural no interior de edificações.

Figura 1.17 - Relação entre árvore e edifícios



Fonte: Adaptado de Hongbing et al., (2010)

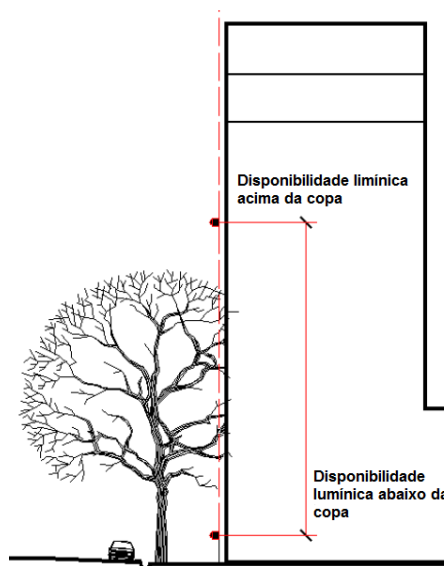
Chaiyakul (2004) partindo do pressuposto que as árvores no meio urbano são importantes para o conforto térmico, no entanto elas reduzem significativamente a incidência da luz natural nas superfícies e as Inter reflexões, descreve um método de cálculo para estimar a luz do dia em cânions urbanos com a presença de árvores sob várias condições de céu. A vantagem é que simples ajustes podem ser feitos para encontrar o efeito de outras obstruções no cânion urbano. Em termos de planejamento urbano, quando são conhecidas

as condições, o autor afirma que este método pode produzir bons resultados para um estágio inicial de projeto. A validação do método é dada através de comparações entre os valores modelados e os valores obtidos a partir de medições de campo.

Em cidades com presença de árvores urbanas, a iluminação incidente sobre as superfícies verticais dos edifícios não apenas está condicionada pelas características da morfologia urbana, mas também pela presença de árvores e seus períodos de folheação, se convertendo em elementos de mitigação sazonal dos espaços (CÓRICA e PATTINI, 2012).

Ainda segundo este estudo, as autoras fazem uma abordagem do potencial da luz natural incidente sobre as fachadas de uma via urbana arborizada na cidade de Mendonça para as estações críticas do ano (verão e inverno). Concluiu-se que cidades como esta, com grande disponibilidade de luz natural e a forte presença de árvores, o acesso a luz natural se dá por duas formas diferenciadas: 1 – disponibilidade da luz abaixo das copas das árvores e 2 – disponibilidade luminica acima da copa das árvores (Figura 1.18), ambas variam conforme a orientação. As autoras salientam ainda que, esta divisão de categorias de acesso a luz natural modifica as opções de sistemas de luz natural recomendadas para iluminar naturalmente os espaços, definindo-se para a categoria 1, os sistemas para luz difusa e para a categoria 2, os sistemas de iluminação natural que controlam a luz solar direta.

Figura 1.18 – Esquema da disponibilidade de luz natural acima e abaixo da copa de árvore



Fonte: Adaptado de Córlica e Pattini (2012).

De acordo com Al-Sallal (2009), a luz natural admitida no interior dos ambientes deve ser difundida através da luz difusa refletida no teto. Caso isso não seja possível, a luz natural deve ser filtrada antes de entrar no ambiente. Neste sentido, as plantas podem proporcionar sombra e melhorar a qualidade da luz do dia que entra através de janelas, espalhando a luz direta e reduzindo a sua intensidade enquanto modera o brilho vindo do céu. Portanto, a

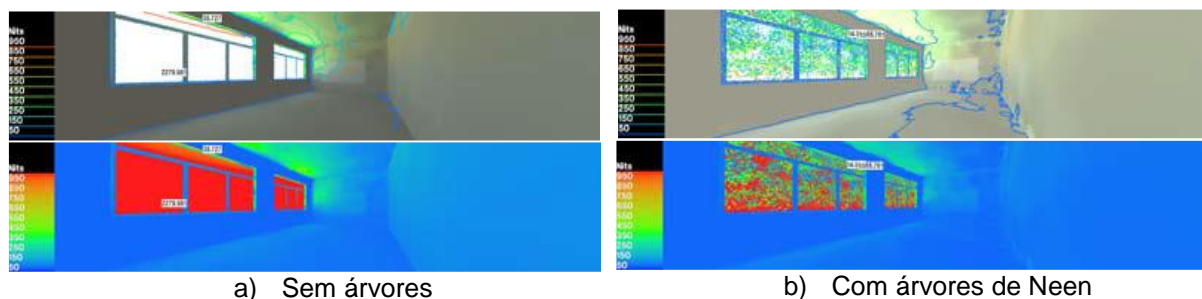
qualidade da luz do dia é alcançada através do bloqueio da luz solar direta, enquanto promove a luz natural refletida.

Durante e Nogueira (2013) afirmam que tendo em vista cidades com grande disponibilidade de luz natural é possível dimensionar as aberturas e a vegetação de sombreamento quanto ao seu porte, posicionamento e qualidade de sombra, considerando-se sistemas de iluminação artificial integrados, de forma a compensar, em determinados horários, as perdas de luz natural oriundas do sombreamento.

Neste mesmo estudo, os autores avaliaram os efeitos do sombreamento arbóreo nas condições térmicas e lumínicas de ambientes externos e internos de edificações através de medições de variáveis como a iluminância a céu aberto, sob a copa de árvores e no interior de ambientes sombreados e não sombreados por duas espécies arbóreas: o oiti e a mangueira. Verificaram que ocorreu perda de iluminação natural dos ambientes sombreados por ambas as árvores: o oiti foi responsável por 48% e a mangueira por cerca de 82%.

Seguindo esta mesma linha de pesquisa, Al-Sallal (2007) investiga em seu estudo o uso de espécies arbóreas locais nos Emirados Árabes para melhorar a qualidade da luz natural e a performance visual em salas de aulas. Para a análise foi observado, através de simulação com o *Radiance*, o efeito de duas variáveis: o tipo de árvore (*Ghafa* e *Neem*) e o espaçamento entre elas. Foram observados os níveis e a qualidade de iluminação natural e questões relacionadas ao conforto visual. Para as simulações sem a presença de árvores (Figura 1.19-a), o autor identificou três fontes de desconforto visual: altos níveis de contraste, brilho excessivo vindo da janela e distribuição desigual da luz no espaço. Com a inserção das árvores próximas às janelas (Figura 1.19-b) observou-se que elas apresentaram um grande potencial para mitigar o desconforto visual em relação a estes três fatores, embora tenham reduzido em cerca de 23% a quantidade de luz natural.

Figura 1.19 – Resultados das simulações – contorno de iluminâncias e cores falsas



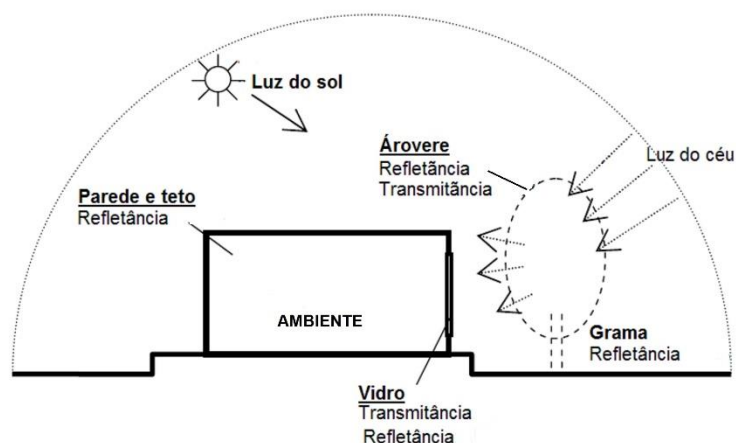
Fonte: Al-Sallal (2007)

Contudo, para simular um ambiente iluminado naturalmente com o efeito de árvores usando softwares como *Daysim*, *Radiance*, dentre outros, se faz necessário utilizar um modelo tridimensional de árvore apropriado, de modo a representar bem o tipo arbóreo a ser

utilizado. Para tanto, várias características como tamanho da árvore, o índice de área foliar, a refletância das folhas, devem ser conhecidas.

Neste sentido, como ilustrado na figura 1.20, Al-Sallal (2007) afirma que a transferência de radiação solar através da copa das árvores é determinada principalmente por: I - quantidade de radiação solar acima da copa da árvore; II - propriedades ópticas da folha da árvore e das superfícies adjacentes; e III - arquitetura da copa, incluindo o tamanho, a orientação e a distribuição das folhas.

Figura 1.20 – Intercepção da radiação solar através da copa arbórea



Fonte: Adaptado de Al-Sallal (2007)

Na condição de céu nublado, a transmitância da radiação solar depende do tamanho da copa e da distribuição angular da folha, mas nos dias claros fatores adicionais que envolvem a posição do sol em relação à árvore e a transferência de feixes de radiação solar direta devem ser considerados (ABRAHA e SAVAGE, 2010 apud AL-SALLAL e AL-RAIS, 2013).

Al-Sallal e Al-Rais (2013), utilizando modelos matemáticos, desenvolveram um método que ajuda a demonstrar o efeito de árvores sobre o desempenho da iluminação natural no interior de edificações. O método requer o cálculo da densidade de área foliar observada na distribuição de fração de lacuna em função do ângulo zenital. Na pesquisa, dois conjuntos de árvores de Neen foram estudados: um grupo de árvores de porte pequeno e um grupo de porte grande. Através de fotografias hemisféricas obteve-se os valores de fração de lacuna para cada copa.

Os resultados ajudaram a desenvolver um modelo 3D de árvore, o qual foi usado para simular o efeito de interceptação da árvore na luz do dia. O modelo de copa estimado foi simulado utilizando Radiance e os resultados foram validados através da comparação com medições reais de iluminância, realizadas em campo. Os resultados mostraram que há expressiva concordância entre os níveis de iluminância medidos e simulados.

Villalba e Pattini (2014) afirmaram que árvores urbanas, em termos de luz natural, comportam-se como um sistema de controle solar, sendo a difusão, a reflexão e a obstrução os três fenômenos mais utilizados em técnicas de controle solar. Foi baseada nesta hipótese que os autores desenvolveram um estudo que procura verificar a qual destes sistemas um modelo de copa de árvore melhor se ajusta. A metodologia do estudo se baseou na simulação computacional da luz natural de modelos de copas gerados a partir de fotografias hemisféricas. Fez-se comparações entre dados de iluminância vertical medidos *in loco* e os obtidos por meio das simulações para cada um dos modelos. Os autores concluíram que o modelo (grelha) que representa o sistema de reflexão foi o que melhor se ajustou a situação real.

1.5 Uso da simulação computacional para avaliação da luz natural

A avaliação da iluminação natural em ambientes externos ou internos pode ser feita de três maneiras: métodos gráficos simplificados, simulação com modelos em escala reduzida e simulação em computador. Atualmente, vários programas de computador têm sido propostos para simular o comportamento da luz natural em espaços construídos, a fim de caracterizar as diversas fontes de luz natural ou para auxiliar nas estratégias de implementação de projeto. As ferramentas de simulação também podem servir de suporte na aplicação de normas ligadas à eficiência energética.

A última década assistiu a vários avanços ligados à análise numérica do desempenho geral da luz natural nos espaços. Esses avanços incluem: as simulações dinâmicas da luz do dia baseadas no clima e com métodos de previsão de brilho mais refinados; os modelos de ocupação, o sombreamento e controle de iluminação; e os novos métodos de avaliação e modelagem das propriedades térmicas e óticas de sistemas complexos de aberturas, tais como dispositivos de redirecionamento de luz (REINHART e WIENOLD, 2010).

As simulações da luz natural podem ser divididas em dois grupos: simulação estática e simulação dinâmica, diferenciando-se quando se considera apenas um tipo de céu (simulação estática) ou várias condições de céu (simulação dinâmica). A simulação estática da luz, geralmente gera resultados em forma de imagens realista ou na forma de valores de iluminância em pontos de interesse sob um céu de referência. Simulações dinâmicas produzem séries anuais de iluminâncias, considerando vários tipos de céu, referentes a uma determinada localidade.

O montante anual da luz do dia em um espaço, pode hoje ser quantificado através das chamadas métricas dinâmicas ou indicadores baseados no clima. Como o nome sugere,

essas métricas são derivadas dos perfis anuais de iluminância de hora em hora, que são gerados usando um arquivo de clima local (REINHART E WALKENHORST, 2001).

Segundo Reinhart et al. (2006), muitas metodologias de avaliação da luz natural, que consideram apenas o Fator de Luz do Dia (FLD) e vista para o exterior, não têm o objetivo de necessariamente promover um bom projeto de integração com a iluminação natural, mas conduzem a linhas gerais de projeto. Nessas metodologias, no entanto, alguns parâmetros importantes são negligenciados, como a sazonalidade da luz natural. Assim, os autores apontam para uma nova abordagem considerando métricas dinâmicas para o desempenho da iluminação natural.

Para analisar a luz natural por meio destas métricas, se torna necessário o uso de um software CAD, bem como um software de simulação de luz natural. Os softwares disponíveis para este tipo de avaliação são baseados na combinação do *Radiance Raytracer* com um coeficiente de luz natural e com modelo de céu. Esta combinação calcula de forma eficaz uma série temporal de iluminâncias e luminâncias, utilizando um arquivo climático anual.

Um modelo usado em simulação da luz natural deve possuir informações geométricas que definem a representação da realidade em forma de coordenadas cartesianas. Além destas, o modelo deve conter informações das propriedades óticas do material de cada superfície e sobre as fontes de iluminação da cena. Esta iluminação dependerá das condições do céu da localidade.

Atualmente, existem diversos programas que simulam a luz natural de forma estática ou dinâmica. Na tabela 1.1 é possível observar alguns destes programas.

Tabela 1.1 – Programas de simulação computacional da luz natural

Simulação estática	Simulação dinâmica
Radiance	Daysim*
Adeline*	Tropolux**
Dialux	Ligtswitch Wizard*
Relux	ESP-r*
Rayfront	LightTool
Ecotect	SPOT 4.0*
Apolux**	

* Utilizam o algoritmo do Radiance para simulação.

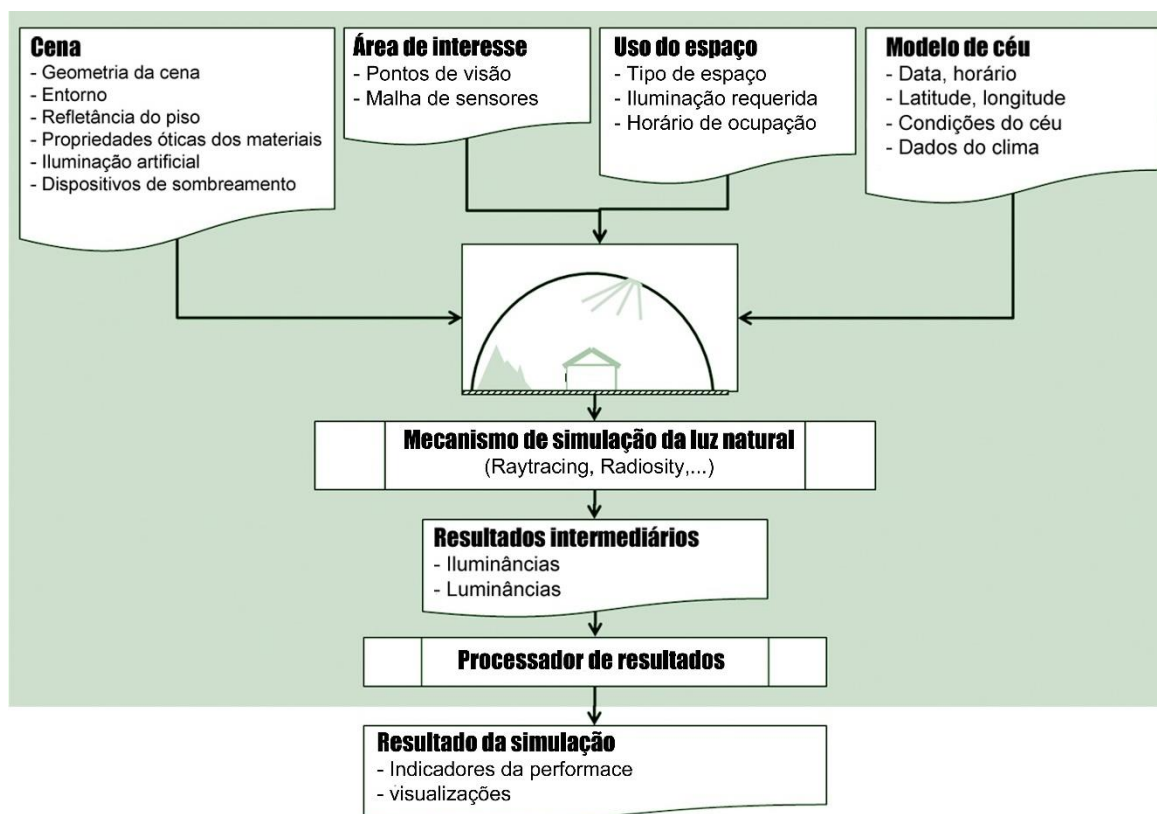
** Programas de simulação brasileiros.

Fonte: Reinhart, et al., (2006) apud Cintra (2011)

De acordo com a figura 1.21, para a simulação da luz natural é necessário definir aspectos relacionados à cena, como geometria, propriedades óticas dos materiais, dispositivos de sombreamento; definir os pontos de medição (sensores); definir o tipo de uso do espaço, quanto de iluminação este espaço requer; e, finalmente definir os aspectos do clima, condições de céu. Então, são gerados resultados intermediários de luminâncias e

iluminâncias e resultados finais da simulação em forma de indicadores numéricos da performance e/ou visualização de imagens.

Figura 1.21 – Componentes da simulação da luz natural



Fonte: Adaptado de Reinhart (2012).

Reinhart et al. (2006) cita diversos trabalhos (MARDALJEVIC, 2000; REINHART e ANDERSEN, 2006; REINHART e WALKENHORST, 2001) que foram desenvolvidos a partir de simulações computacionais da luz natural. Os programas utilizados fornecem um processo de cálculo para prever a quantidade de luz natural em um ambiente e para quantificar as luminâncias e iluminâncias em determinados pontos da edificação. Esses estudos usaram programas computacionais como o *Daysim*, que realiza simulações dinâmicas da luz.

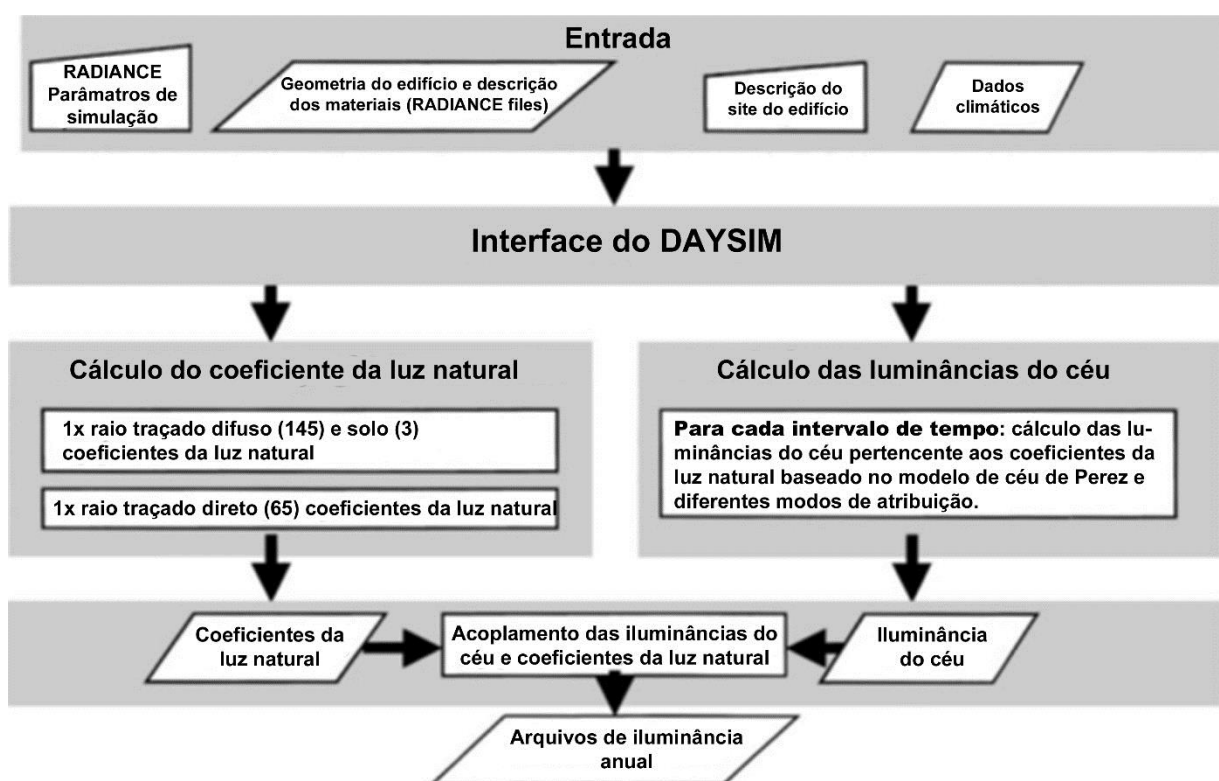
O *Daysim* é um programa de análise da luz natural utilizado para calcular as iluminâncias e luminâncias internas de um ambiente, no período de um ano, empregando o algoritmo do *RADIANCE*. Desenvolvido por Reinhart, Maridaljevic e Rogers (2006), o programa simula a iluminação natural através do *Daylight Coefficient*, baseando-se no do método do *Raytrace* e o modelo de céu de Perez, possibilitando assim, a simulação das iluminâncias sob qualquer condição de céu (REINHART e WALKENHORST, 2001).

Segundo Crhistakou (2004), o *Raytracer* trata-se de um método de cálculo para predição da luz natural no ambiente. Esse método traça raios entre as superfícies e o observador, depende portanto, da geometria da cena e do ponto de vista do observador.

Inicialmente esta abordagem foi desenvolvida no campo da computação gráfica, pois pode lidar com cenas complexas. Posteriormente teve seu uso expandido, sendo o cálculo de iluminação um dos campos onde ele pode ser aplicada de forma adequada. A principal vantagem do raio traçado é a possibilidade de dar soluções teóricas simples para geometrias complexas, diferentemente da maioria das técnicas disponíveis, que geralmente calculam apenas ambientes com geometrias simples (CABÚS, 2005).

O método de simulação no *Daysim* é apresentado na figura 1.22. Os dados de entrada são: a definição dos parâmetros de simulação, baseados no RADIANCE; a geometria e a descrição dos materiais do edifício; descrição do local (entorno da edificação) e dados do clima (arquivo climático em formato TRY). Em uma primeira etapa da simulação, são calculados os coeficientes de luz natural para todos os pontos de interesse, levando em consideração os coeficientes de luz difusa e luz direta. Em seguida, são calculadas as luminâncias do céu, baseadas no modelo de Céu de Perez. Os resultados de luminâncias do céu e coeficientes de luz do dia são unidos, e gerados perfis anual de iluminâncias.

Figura 1.22 – Fluxograma do método de simulação do Daysim



Fonte: Adaptado de Reinhart e Walkenhorst (2001).

O modelo de céu de Perez, desenvolvido por Richard Perez, utiliza data, hora, local e valores da radiação direta e difusa para calcular a distribuição luminosa do céu para uma dada condição. Os modelos de céu de Perez são superiores, comparando com os modelos da CIE. O céu de Perez faz distinção entre céu nublado e nebuloso brilhante, além de fornecer alguns

detalhes na distribuição luminosa do céu. Já o céu nublado do CIE é invariante (REINHART, 2010).

Estudos com investigações sobre a performance dinâmica da luz natural através de simulação computacional, são realizados em todo mundo. No Brasil, cita-se a pesquisa de Cintra (2011), que investigou a influência de variáveis arquitetônicas, como a profundidade dos ambientes e as proteções solares no desempenho da iluminação natural através de simulações computacionais dinâmicas com o *software Daysim*. Com as simulações foi possível verificar o comportamento da luz natural ao longo de um ano, com resultados apresentados em métricas dinâmicas, como o *Daylight Autonomy*, que permitiu observar em porcentagem de horas, o atendimento da iluminância de projeto desejada no ambiente. O *Daysim* permitiu a avaliação de variáveis arquitetônicas juntamente com as variáveis climáticas de diversas regiões, sendo esta característica fundamental para permitir estudos na área de iluminação natural no contexto climático brasileiro.

Outros estudos avaliam o desempenho energético de edificações, atrelado à caracterização da luz natural no ambiente. Didoné (2009) avaliou a iluminação e a redução do consumo de energia através do comportamento dinâmico da luz natural nas simulações energéticas. A metodologia foi baseada na avaliação e comparação do desempenho luminoso e energético de modelos com diferentes variáveis, através da simulação computacional integrada ao uso dos *softwares Daysim e EnergyPlus*. A autora observou que com os valores de *Daylight Autonomy* identificados, através da simulação com o *Daysim*, é possível identificar a porcentagem de área que apresenta determinada autonomia da luz natural e o consumo com iluminação artificial, necessário para complementar a iluminância estipulada para o período de ocupação.

Neste mesmo sentido, Li et al. (2006) pesquisou através de simulação computacional, o desempenho da luz natural e o uso de energia para apartamentos residenciais com grandes obstruções do céu, no centro urbano de Hong Kong. A ferramenta computacional utilizada foi *EnergyPlus*. Segundo estes autores, o desempenho da iluminação natural de um edifício, depende muito de uma boa compreensão das sutis interações de um grande número de características de projeto; o que pode ser bastante complexo, pois as simulações computacionais têm se revelado úteis para analisar sistemas de iluminação natural.

Para uma análise rigorosa do desempenho da luz natural de um determinado projeto, são necessários três passos: 1) estimar a quantidade física de luz natural disponível em um edifício; 2) converter os resultados em medidas de desempenho de luz natural; 3) interpretar as medidas de desempenho e tomar uma decisão de projeto (REINHART, 2010). O autor

destaca que os passos 1 e 2 podem ser auxiliados por uso de um software de simulação da luz natural.

Pode-se afirmar que os programas de simulação são as ferramentas mais viáveis para as análises que envolvem grandes quantidades de variáveis independentes. Reinhart et al. (2006) ressaltam que a simulação computacional e a disponibilidade de interfaces aprimoradas permitem aos usuários criar modelos tridimensionais de construção, realizar uma simulação e exibir os resultados de forma a entender a tendência do comportamento da luz natural.



Capítulo

ELEMENTOS VEGETAIS NA SIMULAÇÃO DIGITAL DA LUZ NATURAL: | Contribuição ao desenvolvimento de modelos tridimensionais virtuais

2 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos desta pesquisa, diversas etapas de trabalho, bem como diferentes instrumentos e procedimentos de coletas de dados foram necessários. Sendo assim, neste capítulo apresentam-se as principais etapas, métodos e materiais utilizados na pesquisa. Os métodos adotados são divididos fundamentalmente em dois estágios: estágio investigativo e estágio experimental.

O estágio investigativo trata da fase de aproximação em relação à escolha dos tipos arbóreos adotados para a pesquisa; ao levantamento de informações referentes às características físicas dessas árvores - onde são considerados dados referentes à geometria da copa, altura da árvore e transmitância da cor da folha; às medições *in loco* da iluminância sob a copa das espécies arbóreas; e, por fim, a aquisição de imagens hemisféricas para posterior extração dos dados de abertura de copa.

O estágio experimental consiste na obtenção dos dados de abertura de copa através das fotografias hemisféricas, com auxílio do *software Gap Light Analyzer*; no desenvolvimento de modelos geométricos simplificados (formato tridimensional) das copas das árvores, modelados em ambiente CAD e, na realização de simulações computacionais da luz natural, através do *software Daysim 3.1*, para posterior validação dos resultados. Neste estágio descreve-se ainda a metodologia adotada, de análise estatística dos dados, verificando em que medida os modelos virtuais de copas produzidos são representantes adequados das árvores reais. A figura 2.1 apresenta uma visão geral das etapas para o desenvolvimento deste trabalho.

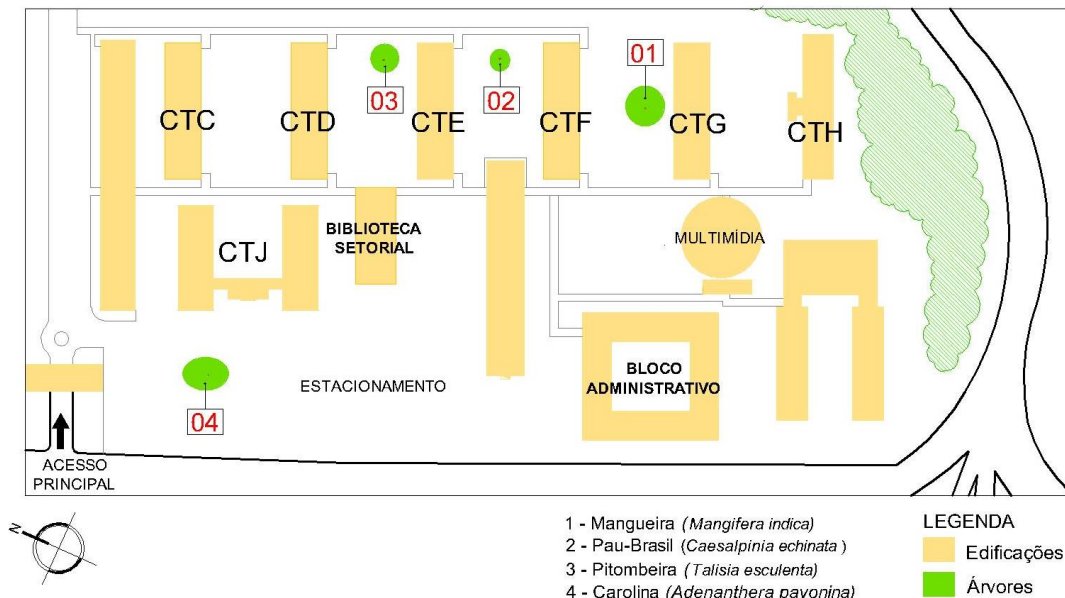
Figura 2.1 – Fluxograma das etapas do desenvolvimento da metodologia



Fonte: Elaborado pela autora.

existentes entre os blocos de salas de aula D, F, G e H, que são edificações de pavimento térreo. A espécie 04 está localizada no estacionamento, próxima ao bloco CTJ, que possui três pavimentos.

Figura 2.3 – Localização das árvores estudadas no Centro de Tecnologia – UFPB



Fonte: Elaborado pela autora

O levantamento da largura e comprimento da vegetação em estudo foi realizado *in loco*, com auxílio de trena comum. Posteriormente, através de fotografias de perfil das árvores importadas para o AutoCad, e conhecendo uma medida real como referência, foram calculadas as dimensões verticais da copa, como também altura total da árvore.

Paralelamente ao levantamento geométrico, foram obtidos também, tendo com base comparativa a cartela de cores da CIBSE, os coeficientes de reflexão das superfícies do entorno e das folhas das árvores estudadas (Figura 2.4). O Guia de Iluminação II da *Chartered Institute of Building Services Engineers* (CIBSE, 2001) / *National Physical Laboratory* apresenta uma amostra de refletâncias específicas para cores em superfícies opacas. A cartela apresenta 40 amostras identificadas por letras de A a H e números de 1 a 6. Cada letra representa uma cor e a numeração varia em ordem decrescente de saturação.

No caso de inexistência da cor correspondente na cartela, o procedimento recomendado é a escolha de duas ou mais cores, que juntas se aproximem da cor da superfície verificada. A média aritmética entre as mesmas é a refletância adotada.

Figura 2.4 – Cartela de cores da CIBSE e o coeficiente de reflexão correspondente

Table of surface reflectance values

Light source	A	B	C	D	E	F	G	H
	grey	brown	ochre	olive	red	blue	green	yellow
Row 1								
Incandescent	10	14	25	18	25	15	13	39
Fluorescent 840	10	13	25	18	23	16	15	38
Daylight D65	10	13	23	17	19	17	16	36
Row 2								
Incandescent	15	18	31	25	31	24	21	47
Fluorescent 840	15	18	31	25	29	25	23	47
Daylight D65	15	17	30	24	25	26	24	45
Row 3								
Incandescent	24	27	40	33	40	35	34	56
Fluorescent 840	24	27	39	33	38	35	35	56
Daylight D65	24	26	38	33	35	37	36	54
Row 4								
Incandescent	36	41	50	47	53	49	47	64
Fluorescent 840	36	41	50	47	52	50	48	64
Daylight D65	36	40	48	46	49	51	50	63
Row 5								
Incandescent	55	58	64	61	65	63	62	73
Fluorescent 840	54	58	64	61	64	63	62	73
Daylight D65	55	58	63	61	63	64	64	72
Row 6								
Incandescent	74	77	79	77	77	78	78	81
Fluorescent 840	73	76	79	77	76	78	78	81
Daylight D65	74	77	79	77	76	79	78	81

Fonte: CBSE, 2001

As características morfológicas de cada espécie foram obtidas por meio de consulta à bibliografia específica, conforme descritas no item 1 do capítulo 3.

2.2 Medição de referência da iluminância

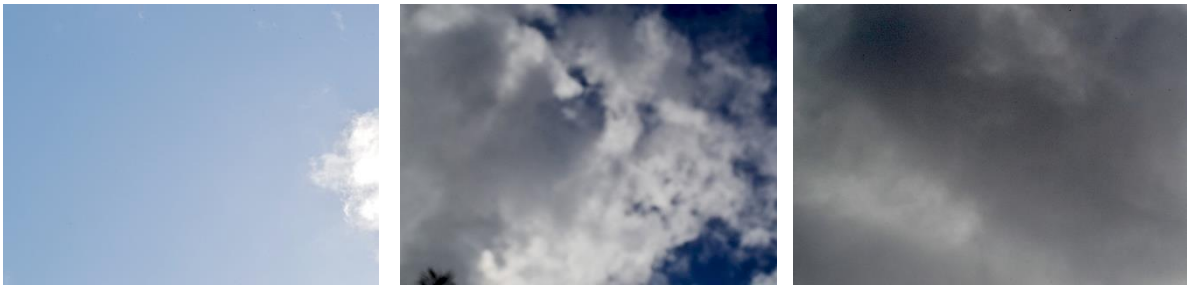
Uma das principais variáveis analisadas neste trabalho é a iluminância observada sob a copa das árvores em estudo. Nessa etapa foram realizadas medições de referência do nível de iluminância horizontal sob a copa de cada tipo arbóreo estudado. Esses dados foram tomados como base para posterior validação de simulações computacionais.

As medições ocorreram no período de 10 de junho de 2013 a 30 de julho de 2013, período correspondente ao solstício de inverno, onde as árvores apresentam desenvolvimento foliar significativo. O horário das medições das iluminâncias ocorreu das 11h às 13h a cada um minuto, resultando em 120 registros. Esse horário foi estabelecido considerando que, a altitude solar atinge seu ponto máximo, conseqüentemente, a projeção da sombra da árvore atinge o solo ortogonalmente.

Neste trabalho considerou-se três categorias de céu para caracterização das condições de iluminação natural: céu claro, céu parcialmente encoberto e céu encoberto (ver figura 2.5), sendo esses os três modelos com que grande parte da literatura científica trabalha.

Em cada árvore foram realizadas medições nas três diferentes condições de céu, consideradas. Ao mesmo tempo em que as iluminâncias estavam sendo medidas, registrou-se através de observações, fotografias e anotações o comportamento das nuvens no céu, com relação à quantidade, distribuição e aparência. Os dados de medição conjugados com estas informações forneceram indicativos para o estabelecimento do tipo de céu.

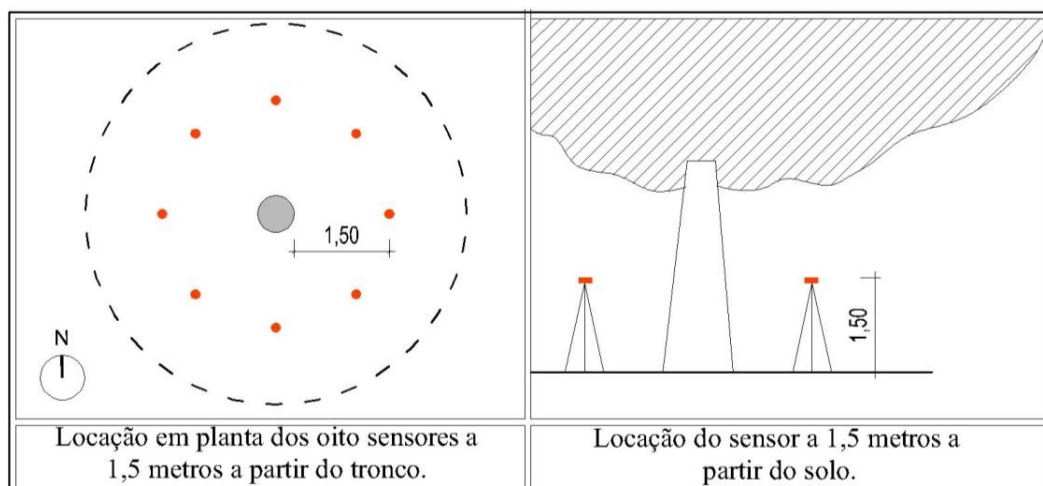
Figura 2.5 – Três principais condições de céu registradas durante as medições *in loco*



Fonte: Acervo da autora

Oito pontos de medição foram locados em torno do tronco de cada árvore, orientados para norte, nordeste, leste, sudeste, sul, sudoeste, oeste e noroeste. Os pontos foram posicionados a 1,5 metros a partir do tronco e a uma altura de 1,5 metros a partir do solo, conforme figura 2.6 abaixo.

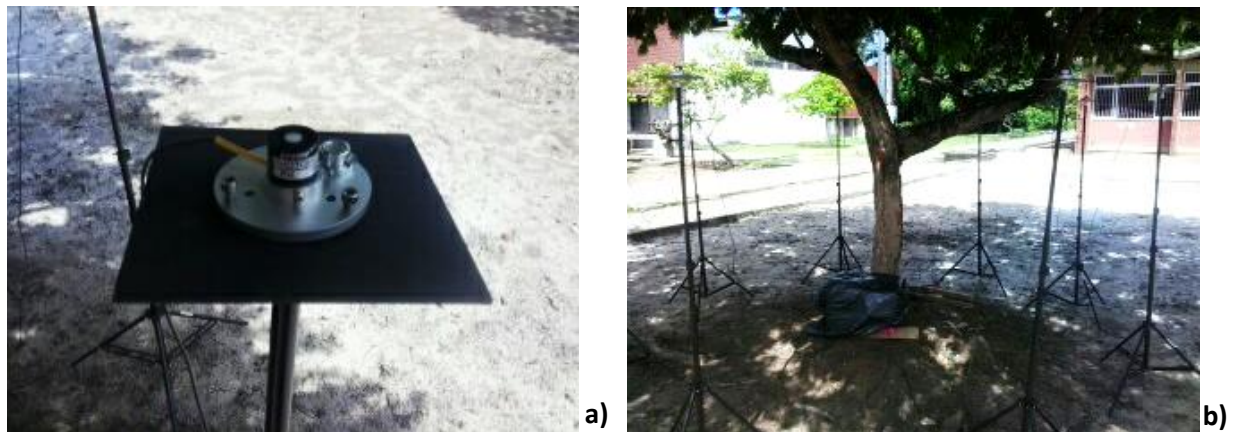
Figura 2.6 – Planta e corte da locação dos sensores sob a copa da árvore



Fonte: Elaborado pela autora

Para os registros sob a copa foram utilizados um conjunto de oito sensores fotométricos Li-210 da LI-COR, apoiados em tripés, medindo simultaneamente. Os dados foram armazenados em três dataloggers da LI-COR - Li 1400. Os sensores foram fixados e nivelados com o kit de fixação da LI-COR, que acompanha um nível de bolha. Para apoiar este conjunto (sensor e kit de fixação) no tripé, tornou-se necessário utilizar um aparato de MDF, medindo 15 cm x 15 cm, com pintura preta para reduzir as possibilidades de reflexão (Figura 2.7).

Figura 2.7 – a) Sensor apoiado no tripé; b) Disposição dos sensores sob a copa da árvore



Fonte: Acervo da autora

Simultaneamente aos registros das iluminâncias sob as copas das árvores, foram obtidos também os dados de iluminância externa. Posteriormente, esses dados, foram utilizados na seleção, através de comparação, dos dias do arquivo climático (*Typical Reference Year* – TRY), correspondentes aos tipos de céu adotados nesta pesquisa que, por sua vez, correspondem às datas utilizadas na simulação computacional. Para conseguir estes registros de iluminância externa foi instalado, a uma altura de aproximadamente 12 metros (cobertura do edifício mais elevado do local, objetivando o máximo de desobstrução do entorno), um sensor fotométrico Li-210 da LI-COR apoiado em um tripé e conectado a um *Datalogger* Li 1400 da LI-COR.

2.3 Aquisição e processamento das imagens hemisféricas

Para obtenção dos dados de fração de abertura no dossel, que pode ser definida como a porcentagem de céu visto de baixo da copa da árvore, foi empregado o método de fotografia hemisférica. Esse método consistiu na captura de imagens sob a copa para obtenção dos padrões de obstrução e penetração da luz, pelo qual, foi possível fazer a quantificação de fração de lacuna em diferentes ângulos zenitais e azimutais, conforme as figuras 2.8 e 2.9 abaixo.

Assim, para aquisição das imagens foram usados os seguintes equipamentos: câmera fotográfica Nikon D90; lente Sigma *Fisheye* circular de 4,5 mm F/2.8 EX DC HSM com 180° de abertura; tripé articulado com altura ajustada a 1,5 m do solo; bússola e nível de bolha.

Figura 2.8 – Posicionamento da câmera sob a copa para aquisição das fotografias hemisféricas



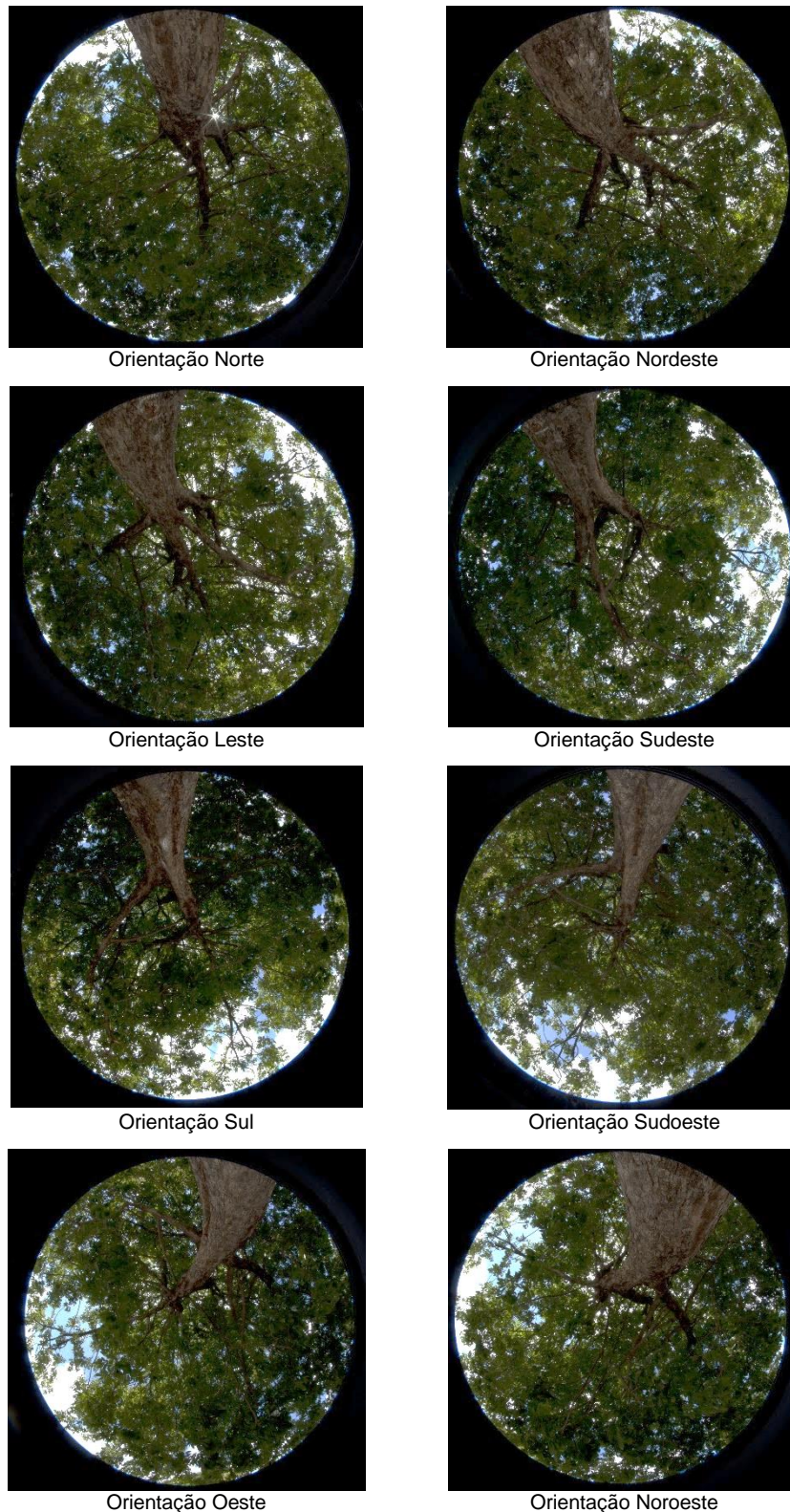
Fonte: Acervo da autora

As imagens foram feitas nos horários do final da tarde, entre 16h e 17h, para que a altura solar não interferisse na fotografia com a incidência direta dos raios solares sobre a lente. Esse horário mostrou-se adequado também ao se considerar a necessidade da obtenção de um bom contraste entre as folhas da copa e o céu. Para tanto, foi selecionado o modo de exposição manual (M) da câmera, onde é possível controlar manualmente todas as funções.

Para cada árvore foi obtido um conjunto de oito imagens, adquiridas com a câmera voltada para o zênite e posicionada a 1,5 metros a partir do tronco da árvore e a 1,5 metros de altura a partir do solo, obedecendo às mesmas orientações dos registros da medição da iluminância (norte, nordeste, leste, sudeste, sul, sudoeste, oeste e noroeste).

Com isso, foi possível realizar um mapeamento completo da copa da árvore, permitindo que, no momento do processamento das imagens, os dados nulos de fração de lacuna referentes à presença do tronco, fossem extraídos da amostra e somente dados referentes a copa fossem considerados.

Figura 2.9 – Fotografias hemisféricas da Pitombeira, referentes a cada orientação

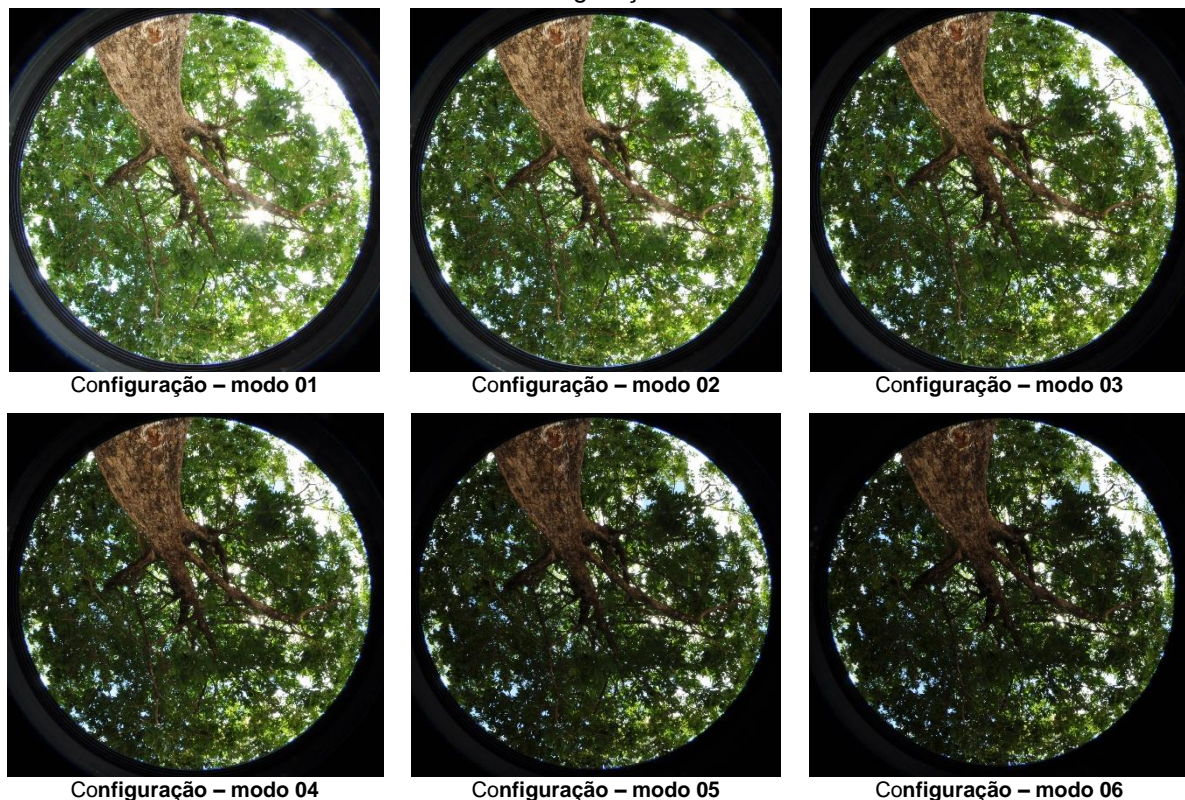


Fonte: Acervo da autora

Para posterior escolha de uma fotografia que oferecesse melhores condições de contraste entre céu e folha, optou-se por fazer um conjunto de seis fotos em cada posição (Figura 2.10). Conforme tabela 2.1 foram selecionadas seis configurações da câmera,

combinando diferentes velocidades do obturador (S) com diferentes compensações de exposição (EV), mantendo constantes a abertura do diafragma (F), a sensibilidade a luz – ISO e o modo de foco da câmera (AF). O diafragma foi colocado em sua abertura mínima, a fim de conseguir uma maior profundidade de campo. O ISO foi mantido em 200, pois no horário em que as fotos foram realizadas, havia elevados níveis de luz. O modo de focagem foi o contínuo em todas as imagens, posto que, nesse modo, é possível congelar objetos em movimento.

Figura 2.10 – Conjunto de fotografias hemisféricas da Pitombeira na orientação leste, com diferentes modos de configuração da câmera



Fonte: Acervo da autora

Tabela 2.1 – Detalhamento das combinações das seis configurações

CONFIGURAÇÕES DA CÂMERA					
Modo	Abertura do Diafragma (F)	Velocidade do obturador (S)	Sensibilidade à luz (ISO)	Compensação de exposição (EV)	Modo de focagem
01	36	1	200	0	Contínuo
02	36	5	200	-1	Contínuo
03	36	8	200	-2	Contínuo
04	36	10	200	-3	Contínuo
05	36	15	200	-4	Contínuo
06	36	30	200	-5	Contínuo

Fonte: Elaborado pela autora

Onde:

F – é responsável para controlar a quantidade de luz que passa pela lente e atinge o sensor. Quanto menor a abertura de F, maior é a profundidade de campo. Quanto maior a abertura de F, menor é a profundidade de campo.

S – controla por quanto tempo o sensor fica exposto à luz. Quanto maior a velocidade, menor é o tempo de ação da quantidade de luz, que passa pela abertura da lente.

ISO – influencia na sensibilidade à luz do sensor. Quanto maior o ISO, maior é a sensibilidade, ou seja, menor é a quantidade de luz necessária para registrar a imagem. Quanto menor o ISO, menor é a sensibilidade à luz, usado em situações com muita luz.

AF – determina o modo do foco da câmera. O modo Contínuo é o mais adequado, pois permite a focagem de motivos em movimento, que é o caso das folhas da copa que estão em constante movimento por conta do vento.

EV - a compensação da exposição é utilizada para alterar o valor de exposição sugerido pela câmera, tornando as fotografias mais claras ou mais escuras. É possível definir a compensação da exposição com valores entre -5 EV (exposição insuficiente) e +5 EV (exposição excessiva) em incrementos de 1/3 EV. De um modo geral, seleciona-se valores positivos para tornar o motivo mais claro e valores negativos para tornar o motivo mais escuro.

As imagens foram feitas no formato NEF (Nikon Electronic Format) equivalente ao formato RAW, um arquivo digital com qualidade superior, sem qualquer compactação ou processamento, que contém a totalidade dos dados da imagem, tal como foi captada pelo sensor da câmera fotográfica e uma maior profundidade de cor, em geral 30 ou 36 bits/píxel. Essas imagens em formato NEF, foram abertas no Adobe Photoshop CS5 e convertidas para o formato JPG.

2.4 Processamento das imagens hemisféricas

Para a extração dos dados de fração de lacuna das fotografias hemisféricas, descritas no item anterior, utilizou-se uma ferramenta computacional específica, o *Gap Light Analyzer – GLA 2.0*, desenvolvido por Frazer et al. (1999). Este software é um aplicativo projetado para importar, visualizar e analisar fotografias hemisféricas (olho de peixe) de copas de árvores. O GLA fornece dados de estrutura do dossel em percentual de abertura, de onde é possível obter os dados referentes à fração de lacuna. Além disso, o GLA libera dados de índice de

área foliar efetiva, quantidade de radiação solar direta e difusa, acima e abaixo da copa, entre outros.

Ao importar a imagem para o GLA é necessário registrá-la, definindo dois pontos: a sua orientação geográfica e a extensão de uma área circular que a delimita. Estes dois pontos são, então, utilizados para ajudar a converter cada pixel contido na matriz da imagem em coordenadas do mundo real, com base numa transformação de projeção específica. Sendo assim, após registrar a imagem alguns dados sobre localização geográfica, tipo de projeção e mapeamento do céu são inseridos.

No item que trata da localização geográfica, o primeiro ponto especificado na fase de registro é definido como um dos quatro pontos cardeais (norte, sul, leste ou oeste). Neste caso, foi necessário fazer a correção da declinação magnética local, já que a foto foi orientada com uma bússola. A determinação da declinação magnética local foi verificada através do *National Oceanic and Atmospheric Administration* – NOAA, onde o valor da correção foi de 21°59'56" oeste (Ver anexo A). Os dados de localização para cada árvore, obtidos a partir do *Google Earth*, podem ser visualizados na tabela 2.2 abaixo.

Tabela 2.2 – Localização geográfica de cada espécie arbórea estudada

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA			
Árvore	Latitude	Longitude	Altitude
Mangueira	7°8'37,23" sul	34°50'59,33" oeste	46m
Pau-Brasil	7°8'35,37" sul	34°50'59,17" oeste	46m
Pitombeira	7°8'34,21" sul	34°50'59,45" oeste	47m
Carolina	7°8'33,16" sul	34°51'3,58" oeste	49m

Fonte: Dados extraídos do *Google Earth*, 2014.

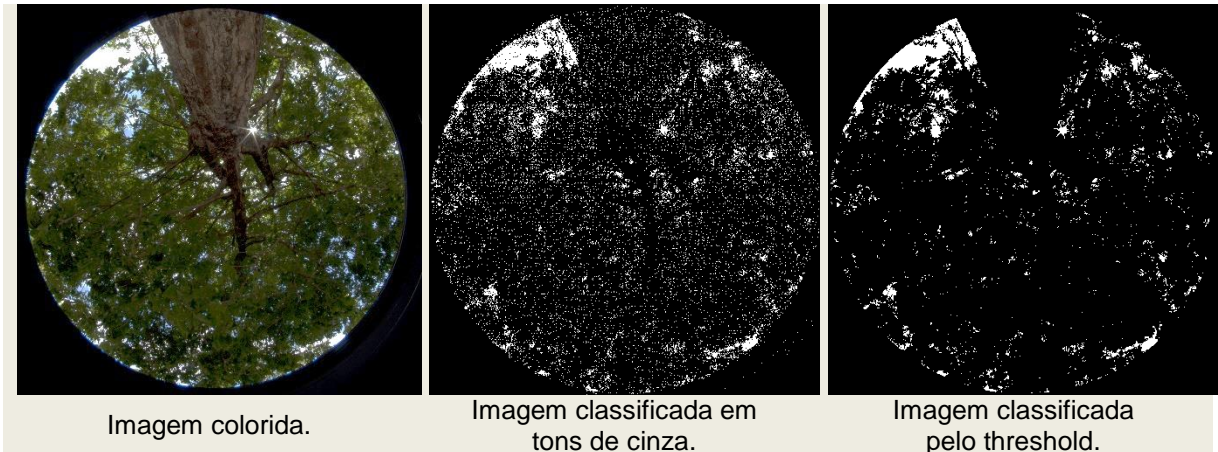
De acordo com especificações do fabricante Sigma, o método de projeção da lente utilizada para fazer as fotografias *olho de peixe* é o *equisolid angle* (ângulo equisólido) ou projeção de áreas iguais.

É especificado ainda um mapa de céu, o qual foi dividido em segmentos: dezesseis segmentos na direção do azimute, ou seja, a cada ângulo de 22,5° azimutal e nove segmentos na direção zênite, isto é, a cada 10° ângulo zenital, conforme figura 2.11. A partir desse mapa foram obtidos os valores de fração de lacuna para cada região do céu individualmente.

A transmissão da luz através de uma copa se dá em função do grau de fração de lacuna. Levando este fato em consideração, a fotografia hemisférica foi então analisada, classificando-se a luz (pixels brancos) e a massa vegetal (pixels negros). Para que isso ocorra, o brilho de cada pixel da foto é calculado em função de uma média de três canais de cores - RGB (vermelho, verde e azul) e transformado em uma escala de cinza. O *threshold* é o limiar desta escala de cinza e qualquer pixel com valor de brilho acima deste limiar será

transformado em pixel branco e, da mesma forma, valores menores serão transformados em pixel preto (Ver figura 2.11).

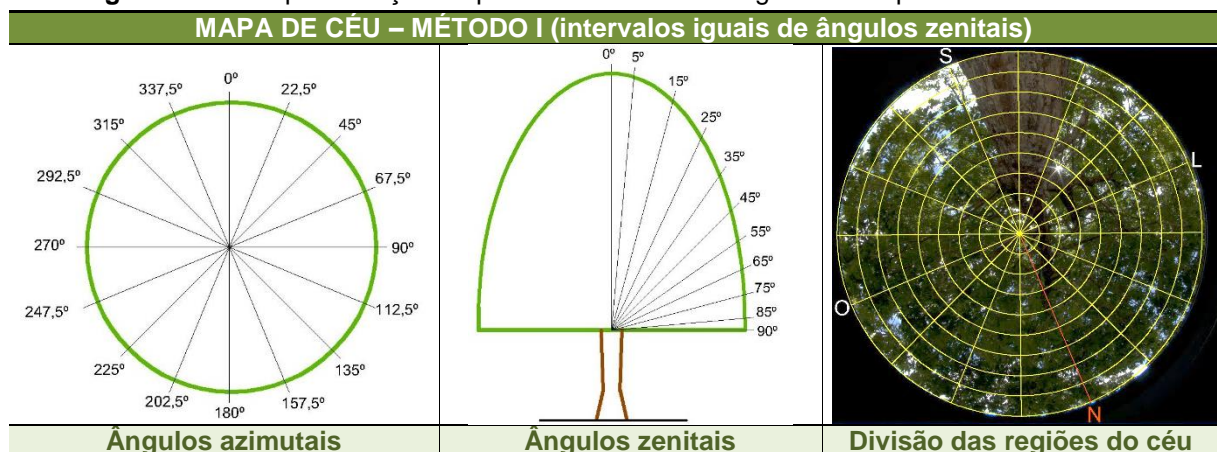
Figura 2.11 – Processo de classificação dos pixels da imagem em branco e preto



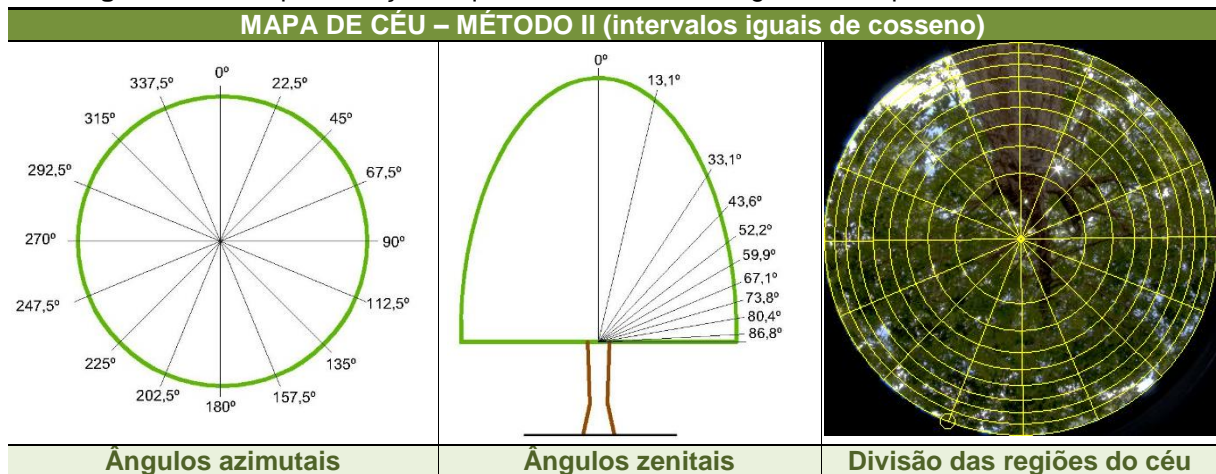
Fonte: Acervo da autora

A extração dos dados de fração de lacuna a partir do GLA pode ser feito por dois métodos: o primeiro traça os dados por segmento de céu em intervalos de 10° em função do ângulo zenital, conforme figura 2.12; o segundo método extrai frações de lacuna com base em intervalos iguais de cosseno do ângulo zenital. Esse método produz regiões de céu que possuem iguais pesos de área de céu (Figura 2.13). Nesta pesquisa utilizou-se ambos os métodos. Para cada região de céu tem-se um valor de fração de lacuna, portanto, para cada fotografia obteve-se um conjunto de 144 dados. Nos dois métodos, os dados de fração de lacuna são expressos em valores fracionários, de modo que podem ser expressos em porcentagem.

Figura 2.12 – Representação esquemática da divisão angular do mapa de céu – método I



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 2.13 – Representação esquemática da divisão angular do mapa de céu – método II

Posteriormente, para cada tipo arbóreo, os resultados do método I, para cada uma das oito fotografias correspondente a cada orientação, foram agrupados em planilha e realizada a média aritmética dos ângulos zenitais. Foi obtido um dado de *fração de lacuna* para cada ângulo zenital estabelecido e convertido para porcentagem, conforme tabela 2.3 abaixo.

Tabela 2.3 – Dados de *fração de lacuna* de cada fotografia hemisférica, correspondente a cada orientação e média aritmética, em função do ângulo zenital.

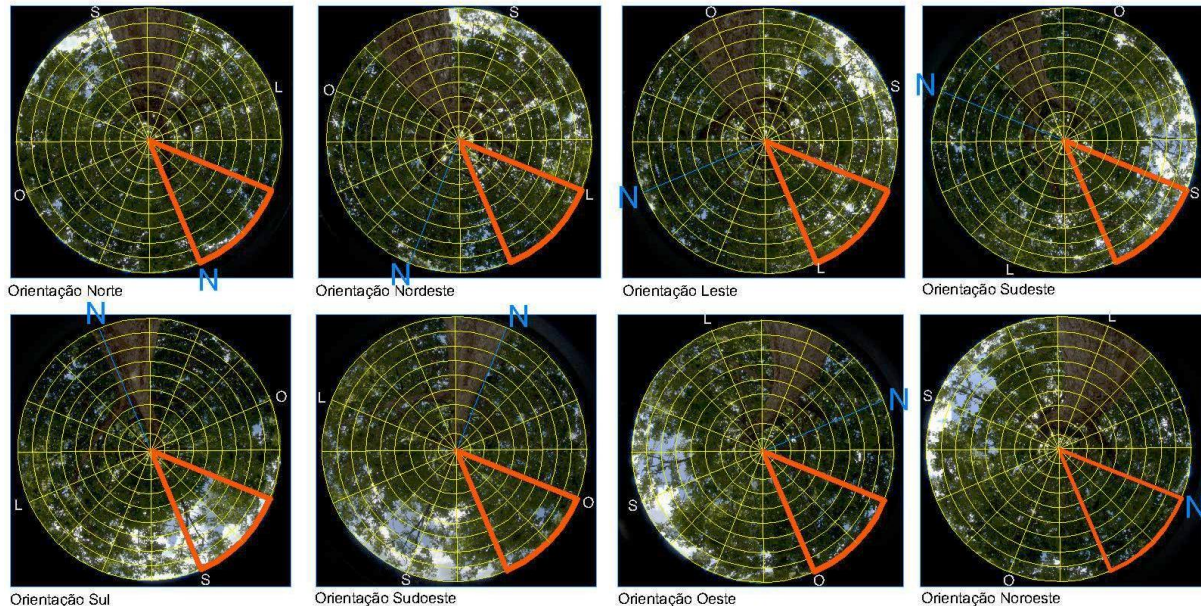
Ângulo Zenital	Fração de lacuna por fotografia de cada orientação								Média (%)
	N	NE	L	SE	S	SO	O	NO	
5°	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,034	0,007	0	0,575
15°	0,002	0,008	0,005	0,002	0,001	0,004	0,004	0	0,325
25°	0,006	0,007	0,008	0,01	0,002	0,001	0,004	0,001	0,4875
35°	0,004	0,008	0,003	0,01	0,002	0,002	0,003	0,003	0,4375
45°	0,004	0,006	0,01	0,011	0,005	0,003	0,014	0,004	0,7125
55°	0,002	0,016	0,011	0,021	0,017	0,01	0,012	0,02	1,3625
65°	0,014	0,008	0,027	0,065	0,035	0,03	0,031	0,059	3,3625
75°	0,078	0,028	0,063	0,17	0,113	0,106	0,118	0,091	9,5875
85°	0,187	0,164	0,201	0,316	0,27	0,208	0,208	0,144	21,225

Fonte: Elaborado pela autora

Os resultados do método II foram agrupados em planilha da mesma forma que no método I. No entanto, neste método, foi gerado um dado de *fração de lacuna* para cada combinação de ângulo zenital e azimutal, conduzindo a ocorrências de valores nulos (*fração de lacuna* = 0), devido à parte da fotografia que corresponde ao tronco da árvore (Ver Apêndice A). Assim, foi necessário fazer a substituição das áreas do tronco por áreas de copa. Para isto, conforme figura 2.14, procedeu-se da seguinte forma: em cada fotografia,

correspondente a cada orientação, selecionou-se os dados da porção correspondente à 1/8 da área total, equivalente à 45° azimutal.

Figura 2.14 – Seleção das regiões para varredura da copa (eliminação do tronco)



Fonte: Acervo da autora

Com a reunião dos dados selecionados de cada fotografia, obteve-se a varredura completa da copa sem a presença do tronco da árvore. Os valores fracionários de lacuna foram convertidos em porcentagem, a fim de inseri-los, na etapa seguinte, no modelo geométrico.

2.5 Construção dos modelos virtuais

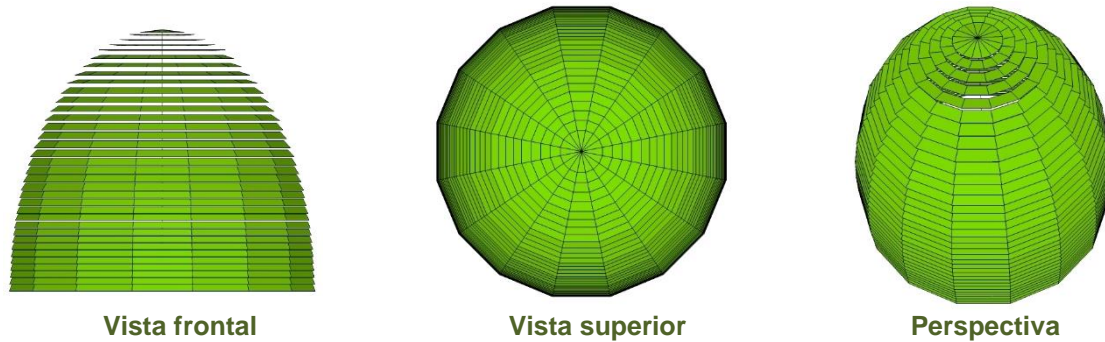
O modelo simplificado da copa de cada tipo arbóreo estudado assumiu a forma de uma semi elipsoide, levando em consideração os dados da geometria das árvores levantadas na fase de pesquisa de campo. Para a construção dos modelos foi utilizada a ferramenta computacional *SketchUp 8*, onde foi possível exportar o modelo em formato .3ds.

A forma base (o modelo) representa a superfície mais externa da copa arbórea, dividida em 144 regiões, com 9 segmentos na direção zenital e 16 na direção azimutal, conforme mostrado na figura 2.12, do item anterior. A partir dessa forma foram experimentados três métodos de simplificação e precisão na representação da copa.

O primeiro método é baseado em All-Salal (2013), onde foi construída uma série de superfícies inclinadas (persianas), dispostas horizontalmente em torno do centro da copa. O tamanho da seção transversal de cada persiana é fixo, mas a inclinação é variável, correlacionando-se com os dados de *gaps fractions* do método I, adquiridos na fase de

processamento das imagens. Aplicou-se um valor de gap para cada segmento da copa em intervalos de 10° , em função do ângulo zenital. As persianas foram distribuídas uniformemente ao longo do perfil da árvore, com quatro persianas em cada um dos segmentos zenitais. Cada persiana correspondeu à 25% da abertura de cada segmento (Figura 2.15).

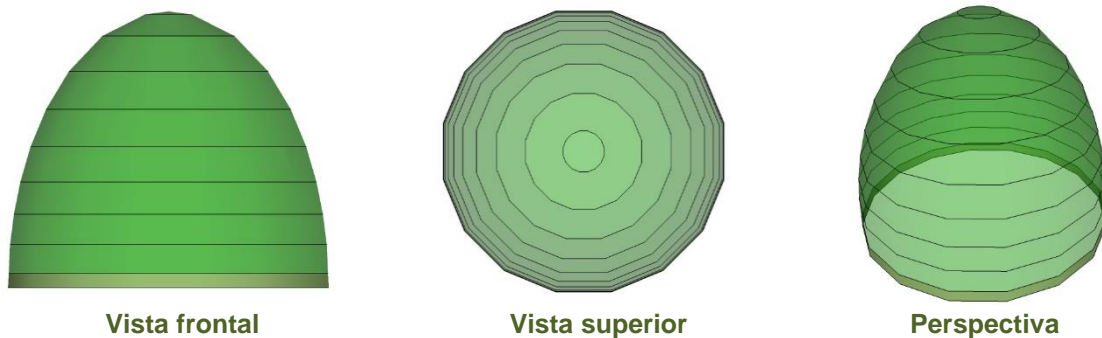
Figura 2.15 – Modelo geométrico – método das persianas



Fonte: Elaborado pela autora

No segundo método de representação da copa, empregou-se material translúcido ao modelo, associando-se os dados de *fração de lacuna* do método I, descrito na fase de processamento das imagens à transmitância do material (Figura 2.16). Portanto, para cada segmento do ângulo azimutal foi empregado um material translúcido diferenciado, para que na fase posterior, a de simulação, fossem inseridos os dados de fração de lacuna.

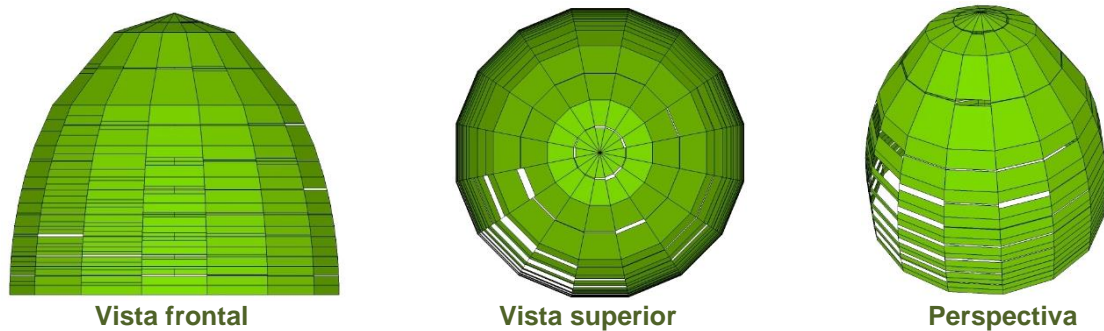
Figura 2.16 – Modelo geométrico – método com material translúcido.



Fonte: Elaborado pela autora

Para a construção do terceiro modelo foram utilizados os dados de *fração de lacuna*, extraídos a partir do segundo método descrito na etapa de processamento das imagens hemisféricas. O método adotado para a construção desse modelo foi de frestas. Em cada região do modelo (combinação de ângulo zenital e azimutal) inseriu-se uma abertura correspondente ao percentual de lacuna, verificado com os dados de fração de lacuna (Figura 2.17).

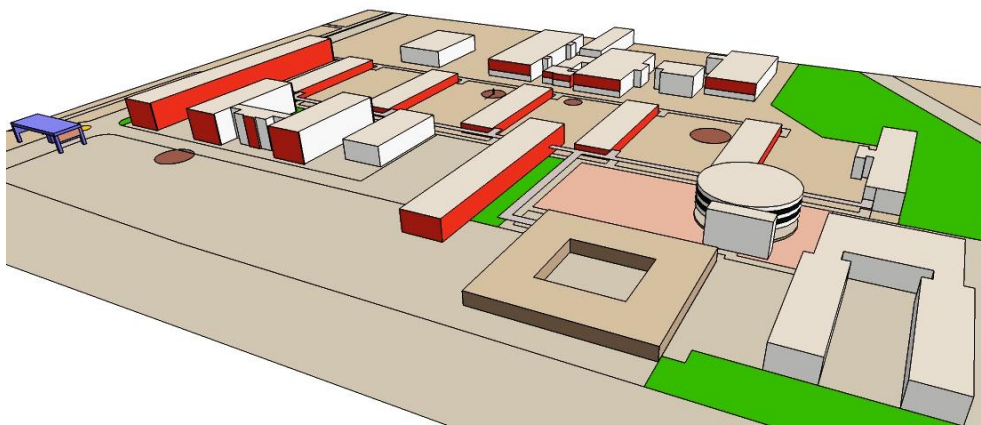
Figura 2.17 – Modelo geométrico – método com inserção de frestas



Fonte: Elaborado pela autora

Além do modelo da copa de cada tipo arbóreo, foram modelados os troncos, respeitando as dimensões reais verificadas *in loco*, visto que se trata de um elemento que pode influenciar significativamente na iluminância sob a copa. O conjunto árvore-tronco foi inserido no entorno modelado, conforme situação atual (Figura 2.18), respeitando a disposição, e geometria das edificações, bem como as refletâncias das superfícies (pisos e paredes) verificadas com a cartela de cores da CIBSE.

Figura 2.18 – Modelo geométrico do entorno onde as árvores estão inseridas



Fonte: Elaborado pela autora

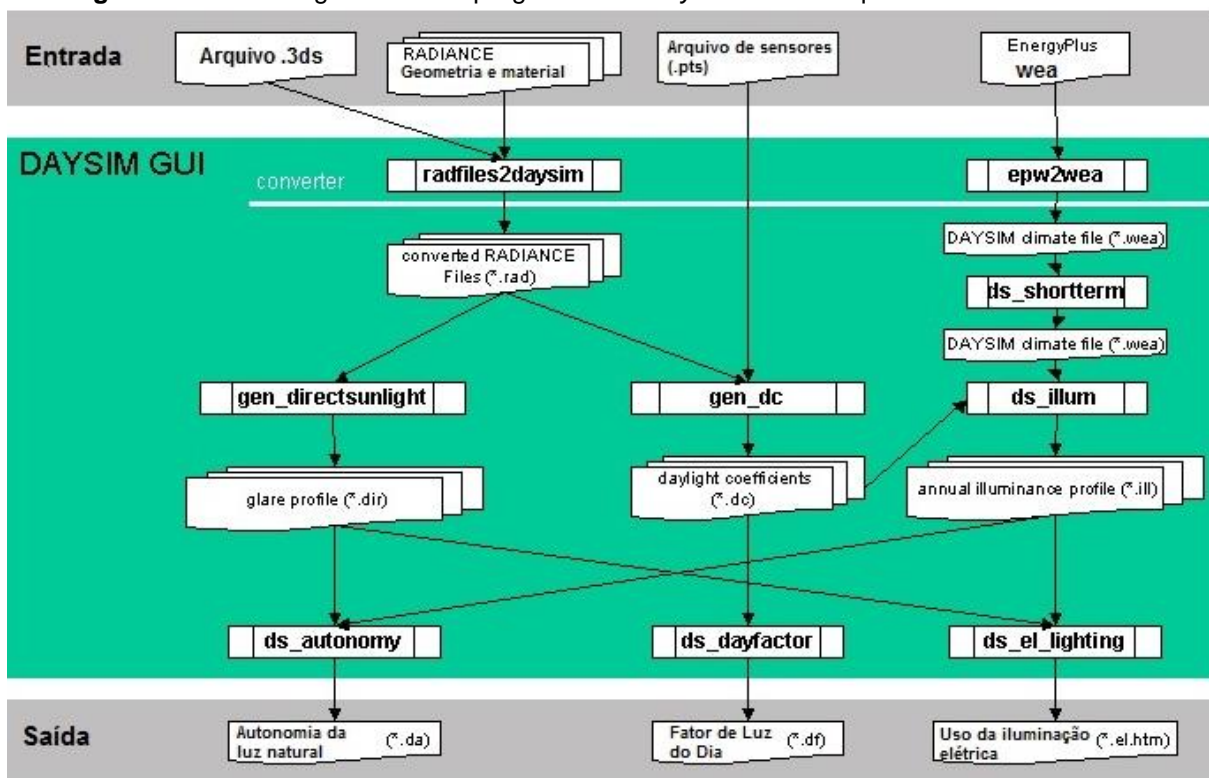
Com objetivo de validar os modelos geométricos das copas das árvores, os modelos gerados foram importados para o *software* de simulação da luz natural. As simulações realizadas tiveram como base os dados climáticos de João Pessoa/PB. Essas foram comparadas com os resultados das medições reais medidas *in loco*. Tal processo é descrito no item seguinte.

2.6 Simulações computacionais

Para validar os resultados encontrados referentes aos valores de *fração de lacuna*, extraídos das fotografias hemisféricas e associados aos modelos geométricos desenvolvidos, foi necessário a utilização de simulações computacionais da luz natural, para posterior comparação com as iluminâncias obtidas com as medições de campo.

Para as simulações foi utilizada a ferramenta computacional *Daysim 3.1 beta*. Refere-se a um *software* validado pelo *National Research Council Canada* (NRCC), utiliza os algoritmos do *Radiance* para analisar o desempenho da iluminação natural. Os dados de entrada da simulação no *Daysim* se enquadram em quatro categorias: a criação do modelo tridimensional (.3ds), a geração da geometria e dos materiais, a definição dos pontos de interesse (sensores) e por fim, os dados do clima (Arquivo Climático TRY). A Figura 2.19 fornece uma visão geral das relações entre os arquivos de entrada e saída do *Daysim*.

Figura 2.19 – Visão geral dos subprogramas do *Daysim* e seus arquivos de entrada e saída



Fonte: Manual do *Daysim* – Adaptado pela autora

A modelagem pode ser desenvolvida em qualquer *software* CAD, que disponha de conversor para extensão (.3ds). Como já mostrado no item anterior, nesta pesquisa optou-se por utilizar o *SketchUp pro 8* para a modelagem das geometrias das copas das espécies arbóreas e do entorno. Após a inserção da geometria no *software Daysim*, foram editados os materiais. Estes foram separados por *layers* na fase de modelagem da geometria, segundo as refletâncias indicadas na tabela 2.4. Neste processo, para o segundo método de

modelagem da copa (material translúcido), além das refletâncias dos materiais foram inseridos também os dados de transmitância, associados aos valores de *fração de lacuna*, conforme comentado no item anterior.

Tabela 2.4 – Refletância dos materiais utilizados na simulação

Material	Refletância	Material	Refletância
Folha Mangueira	16,00	Piso perm. sombra	21,00
Folha Pau-Brasil	16,67	Piso imp. sol	28,00
Folha Pitombeira	16,00	Piso imp. sombra	23,00
Folha Carolina	13,50	Parede tijolo aparente	30,50
Piso perm. sol	26,00	Parede branca	81,00

Fonte: Elaborado pela autora

Para a definição dos pontos de medição, o programa necessita de um arquivo que compreende a grade de sensores. Este arquivo deve ser gerado com a extensão (.pts). Assim, a malha de pontos foi criada utilizando o software *TextPad*. Considerou-se oito sensores dispostos, conforme a posição adotada para as medições de campo (leste, oeste, norte, sul, sudeste, sudoeste, nordeste e noroeste), localizados a 1,5 metros do centro da copa e em um nível horizontal de 1,5 metros a partir do solo.

O Daysim simula as condições de iluminação natural por um período anual. Para tanto, considera as condições reais de disponibilidade de luz natural com base no ano típico de referencia (*Typical Reference Year – TRY*). Os dados do TRY são convertidos em arquivos climáticos horários (*Weather Data – .wea*). Para esta pesquisa foi utilizado o arquivo climático TRY da cidade de João Pessoa-PB, elaborado por Roriz (2012), a partir de registros do INMET, correspondente ao ano típico de 2008.

O programa simula todos os horários do ano, disponibilizando opções de configurações de liberação dos dados que vai de 1 a 60 minutos. Neste estudo foi adotada a configuração de 1 minuto, a fim de que se obtivesse, em um mesmo intervalo de tempo (11h às 13h – 2 horas) a mesma quantidade de dados de iluminância obtidos com as medições in loco.

Ao término de cada simulação, o *Daysim* gera um relatório de desempenho com os resultados das métricas para cada ponto da malha de sensores, identificados por x, y e z. Algumas destas métricas são: Fator de Luz Diurna (FLD - DF), Autonomia da Luz Natural (DA - ALN), Iluminância Natural Útil (INU), dentre outras.

O processo de simulação ocorre por meio do mecanismo raio traçado (*raytracing*), onde são extraídos dados de saída de iluminância com o perfil de ofuscamento (.dir), coeficiente de luz natural (.dc), além do perfil anual de iluminância (.ill), o qual foi utilizado neste trabalho, pois nele estão contidos os dados de iluminância minuto à minuto durante

todas as horas do ano. Assim, foi possível extrair os dados referentes ao período de medição para posterior comparação.

Para cada dia de medição real, foi associado um dia na simulação. Para a seleção do dia correspondente foi analisado o arquivo climático TRY, verificando a média aritmética dos dados de iluminância horizontal global correspondente aos horários de 11h às 13h nos meses de junho à agosto. Comparando estas médias às médias aritméticas da iluminância externa medida *in loco* em cada condição de céu, descrita na fase de medição da iluminância de referência, foi possível selecionar os dias que apresentam condições de céu similares aos dias que ocorreram as medições *in loco*. Estas datas estão relacionadas na tabela 2.5 abaixo.

Tabela 2.5 – Datas dos registros das medições *in loco* e correspondentes datas da simulação

Árvore	Tipo de céu	Datas dos registros	
		Medição	Simulação
MANGUEIRA	Céu claro	23/07/2013	05/08/2008
	Céu parc. encoberto	18/06/2013	20/06/2008
	Céu encoberto	26/07/2013	21/07/2008
PAU-BRASIL	Céu claro	22/07/2013	22/07/2008
	Céu parc. encoberto	25/07/2013	28/07/2008
	Céu encoberto	18/07/2013	21/07/2008
PITOMBEIRA	Céu claro	20/06/2013	19/06/2008
	Céu parc. encoberto	27/06/2013	27/06/2008
	Céu encoberto	30/07/2013	23/07/2008
CAROLINA	Céu claro	27/07/2013	20/07/2008
	Céu parc. encoberto	29/06/2013	29/06/2008
	Céu encoberto	06/07/2013	05/07/2008

Fonte: Elaborado pela autora

Os dados de simulação da iluminância sob a copa de cada tipo arbóreo foram organizados em planilhas, dispostos por condição de céu, em função da orientação e do intervalo de tempo (11:00 às 13:00h) a cada um minuto.

2.7 Tratamento e análise estatísticas dos dados

Como mencionado anteriormente, o desenvolvimento desta pesquisa se deu através de duas etapas principais: etapa de levantamento de informações em campo, onde inclui as medições de referência da iluminância e a aquisição das fotografias hemisféricas, bem como, a etapa experimental, a qual compreende as simulações computacionais. Ao término dessas etapas, obteve-se três conjuntos de dados – iluminâncias medidas *in loco*, dados de fração de lacuna, extraídos das fotografias hemisféricas, e iluminâncias obtidas com as simulações.

O conjunto de dados de iluminâncias medidas *in loco* serviu de referência para comparação com os dados da simulação. As medições *in loco* foram organizadas em

planilhas, primeiro em função do tipo de céu, depois em função da orientação, em seguida, com auxílio do *software* R¹ esses dados foram analisados através de gráficos boxplot (gráficos de caixas), que indicaram os níveis de dispersão da amostra (mediana, quartis superior e inferior, e os valores mínimo e máximo).

Através das diferenças entre os quartis, superior e inferior (equivalente a 50% da amostra), verificou-se a variação relativa da iluminância definida pela equação 01 abaixo:

$$VR_{IL} = \frac{IL_2 - IL_1}{IL_1} \quad \text{Equação 01}$$

Onde, VR_{IL} é a variação relativa da iluminância; IL_1 é o valor da iluminância no 1º quartil; e IL_2 é o valor da iluminância no 2º quartil. A variação relativa é também chamada taxa de variação, sendo apresentada em forma percentual.

Com estes resultados foi possível verificar a variabilidade das iluminâncias registradas sob as copas arbóreas e verificar em que medida uma copa obteve maior ou menor variação da luz e, com isso procurar identificar os possíveis fatores que influenciaram determinada situação. Foram também comparadas as variações relativas das iluminâncias sob as copas com a variação relativa da iluminância do sensor externo.

Para cada conjunto de dados foi aplicado o teste de normalidade *Shapiro Wilk com nível de significância de 0,05 e intervalo de confiança de 95%*, a fim de verificar se as amostras seguem uma distribuição normal e ainda definir se os testes aplicados posteriormente devem ser paramétricos ou não paramétricos.

Considerando ainda os dados de referência (medições *in loco*), foi verificado os percentuais de redução da iluminância obtidos a partir da mediana de cada orientação sob a copa da árvore em relação à mediana do conjunto de dados externos (entorno desobstruído).

Para validar os resultados e verificar em que medida os modelos geométricos virtuais são representantes adequados das árvores reais, foi realizada análise comparativa entre os dados de iluminância medidos *in loco* sob a copa das espécies arbóreas estudadas e a iluminância obtida com os modelos geométricos simulados.

Da mesma forma que ocorreu para as iluminâncias medidas *in loco*, foi verificada a normalidade, através do teste *Shapiro Wilk, das amostras de dados das simulações, seguindo as mesmas condições, com nível de significância de 0,05 e intervalo de confiança de 95%*.

¹ O R é uma linguagem de alto nível e ambiente para análise de dados e geração de gráficos. Além disso é gratuito e tem código fonte aberto, podendo portanto ser modificado ou implementado com novos procedimentos e comandos desenvolvidos a qualquer momento e por qualquer usuário. O R É um projeto GNU similar à linguagem e ambiente S desenvolvida no *Bell Laboratories* por John Chambers e colaboradores (MELLO e PETERNELLI, 2013).

Através do coeficiente de correlação de postos de *Spearman*, foi verificada a correlação existente entre a amostra da iluminância medida *in loco* e a amostra da iluminância simulada para cada modelo. Verificou-se também a significância dos coeficientes de correlação encontrados, adotando-se nível de significância de 0,05.

O coeficiente de correlação de *Spearman* (não paramétrico) é a mais antiga estatística baseada em postos e foi introduzida por *Spearman* em 1904. Esse coeficiente mede a intensidade da relação entre variáveis ordinais. Usa, em vez do valor observado, apenas a ordem das observações. Deste modo, esse coeficiente não é sensível a assimetrias na distribuição, nem à presença de dados espúrios (*outliers*), não exigindo portanto que os dados provenham de duas populações normais. O coeficiente de *Spearman* varia entre -1 e 1. Quanto mais próximo estiver destes extremos, maior será a associação entre as variáveis.

Os níveis de dispersão comparativos dos dados de iluminância medida e simulada foram indicados através de gráficos de caixa. A utilização destes gráficos permitiu perceber visualmente as diferenças entre os grupos a partir da medida de variabilidade dos dados.

Com base nos dados de dispersão, foram calculadas as variações relativas entre as medianas da iluminância medida *in loco* e simulada, a fim de perceber o grau de afastamento entre a medida de tendência central (mediana). Em seguida, foi verificada, a redução da variação relativa da iluminância simulada em relação à medida *in loco*, considerando as diferenças entre quartis (50% da amostra). Estes cálculos foram realizados para os dois conjuntos de dados do sensor externo (medido e simulado) e para os dados sob a copa (medido e simulado) correspondente a cada modelo.

Em complemento, foi aplicado o teste de hipóteses *Wilcoxon Rank* (não paramétrico) aos pares medição-simulação, que verificou as possíveis diferenças entre as amostras comparadas. Estimou-se a margem de erro para a diferença esperada por meio dos intervalos de confiança. Para tanto, adotou-se coeficiente de confiabilidade de 95%, sendo 5% a margem representada pelos limites superior e inferior. Para este teste, a *hipótese nula* é uma hipótese tida como verdadeira até que provas estatísticas indiquem o contrário, assim adotou-se como hipótese nula (H_0) a possível igualdade entre a amostra simulada e medida.

Por último, foi realizada uma análise geral das diferenças encontradas entre medição e simulação, descrevendo os erros em relação às medições de referência. Para isto, foram utilizados os seguintes indicativos estatísticos: erro médio quadrático (RMSE - *root mean square error*) e o desvio das médias (MBE - *Mean Bias Error*), definidos pelas equações 02 e 03 abaixo:

$$MBE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{(IL_S - IL_M)}{IL_M} \right) \quad \text{Equação 02}$$

$$RMSE = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{(IL_S - IL_M)^2}{IL_M^2} \right)}$$

Equação 03

Onde, IL_S é a iluminância simulada e IL_M é a iluminância medida.

De acordo com Reinhart (2009), estes indicativos caracterizam as semelhanças e/ou diferenças entre dois conjuntos de dados. O RMSE é a medida da magnitude média dos erros estimados, tem valor sempre positivo, e quanto mais próximo de zero, maior a qualidade da iluminância simulada. O MBE indica o quanto a iluminância simulada está sendo subestimada (valor negativo) ou superestimada (valor positivo) em relação a iluminância medida. O ideal é que o valor de MBE tenda a zero.

Para validar os resultados produzidos através do MBE e RMSE, tomou-se como referência os resultados de estudos anteriores que utilizaram esses indicativos (VILLABA et. al, 2014; AL-SALLAL et. al, 2013 e RAINHART, 2009). Os valores globais de MBE e RMSE foram dados em percentuais, já que Al-Sallal et al. (2013) sugerem que a margem de erro, para ambos os indicadores, não sejam superior a 20%, com um nível de confiança estatística de 80%.



Capítulo

3 RESULTADOS E ANÁLISES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos com esta pesquisa. As análises do comportamento da luz natural sob as copas modeladas foram realizadas através dos valores de iluminância registrados a cada minuto. Assim, os resultados obtidos tratam de comparar o nível de iluminância alcançada em modelos geométricos digitais de copas de árvores com iluminâncias de referência obtidas *in loco*.

Inicialmente apresenta-se os resultados da primeira etapa, onde são mostrados os dados obtidos na fase investigativa - coleta de dados de campo (caracterização dos tipos arbóreos, iluminância de referência e as imagens hemisféricas adquiridas sob a copa de cada espécie arbórea).

Posteriormente, são apresentados os resultados da segunda etapa, onde constam os dados do processamento e análise das imagens hemisféricas; os resultados das simulações da luz natural e, por último, a análise comparativa da iluminância de referência com os dados de iluminância obtidos com as simulações computacionais.

3.1 Caracterização dos tipos arbóreos

As espécies arbóreas selecionadas para este estudo, como já mencionado anteriormente, estão inseridas no Centro de Tecnologia da UFPB. São árvores largamente cultivadas na cidade de João Pessoa: *Mangifera indica* (Mangueira), *Caesalpinia echinata* (Pau-Brasil), *Talisia esculenta* (Pitombeira) e *Adenantha Pavonina* (Carolina). As características morfológicas de cada espécie foram obtidas por meio de consulta à bibliografia específica (CORRÊA, 1984), conforme descritas a seguir.

- **Espécie 01 - *Mangifera indica* (Mangueira)**

A mangueira é uma árvore de grande porte, copa frondosa, folhas oblongas (de forma alongada, mais comprido que largo), chega medir até 28 cm de comprimento e 6 cm de largura. Esta espécie, natural da Índia, é hoje cultivada em todos os países tropicais. A mangueira pode atingir até 30 metros de altura. Apresenta copa arredondada e simétrica,

variando de baixa e densa a ereta e aberta e adquirindo, eventualmente forma piramidal (Figura 3.1).

Figura 3.1 – Mangueira utilizada para este estudo (árvore e folha).



Fonte: Acervo da autora

A cor da folha da mangueira, quando jovem, varia da tonalidade verde clara a levemente amarronzada ou arroxeadada, mas, quando madura, adquire coloração verde escura. A face superior é plana e o pecíolo é curto, medindo normalmente de 2,5 a 10,0 centímetros.

- **Espécie 02 – *Caesalpinia echinata* (Pau-Brasil)**

O Pau-Brasil é uma árvore da família das leguminosas, esta árvore vai de mediana até 30 metros de altura, tronco e ramos guarnecidos de acúleos (projeção na superfície do caule, semelhante a um espinho). Sua copa é irregular. Folhas bipinadas, de 5 a 9 pinas com 12 a 20 folíolos de 1 a 2 cm, geralmente alternos, de cor verde médio e brilhantes (Figura 3.2).

Figura 3.2 – Pau-brasil utilizado para este estudo (árvore e folha)



Fonte: Acervo da autora

É também uma árvore ornamental e própria para arborização urbana, mas de crescimento muito lento. Sua ocorrência se dá na floresta ombrófila densa da Mata Atlântica, a partir do Rio de Janeiro até o extremo nordeste do Brasil.

- **Espécie 03 - *Talisia esculenta* (Pitombeira)**

A pitombeira é uma árvore frondosa, da família das sapindáceas, nativa da região amazônica, é encontrada no Brasil, Colômbia, Peru, Paraguai e Bolívia. É também chamada de pitomba-da-mata e olho-de-boi. A pitombeira chega até 15 m de altura. As folhas são compostas de 3 a 8 folíolos grandes, oblongos e opostos ou os inferiores alternos. São ovais-lanceolados aos poucos aguçados no ápice, brilhantes na face superior e opacos na inferior (Figura 3.3).

Figura 3.3 – *Pitombeira utilizada para este estudo (árvore e folha).*



Fonte: Acervo da autora

- **Especie 04 - *Adenanthera Pavonina* (Carolina)**

Adenanthera pavonina, conhecida popularmente como carolina ou olho-de-pombo é uma leguminosa arbórea, nativa da Índia e da Malásia, encontrada em todo o litoral brasileiro. A Carolina pode chegar a medir de 15 a 20 m de altura. Sua ramagem é longa e esparsa formando copa aberta. Esta espécie possui folhagens de textura fina, verde escuro, pecioladas e paripinadas, apresentam de dois a cinco pares de pinas opostas, com seis a dez folíolos curtos e peciolados (Figura 3.4). A utilização desta espécie estende-se desde fins ornamentais, arborização de ruas e praças, para sombreamento, artesanato e medicamentos.

Figura 3.4 – Carolina utilizada para este estudo (árvore e folha)



Fonte: Acervo da autora

As principais características geométricas dos tipos arbóreos em estudo estão apresentadas no quadro 3.1. O Pau-Brasil apresenta as menores dimensões, considerando que se trata de árvore ainda jovem. A maior dimensão do raio de sua copa mede aproximadamente 3,4 m e a sua altura total 5,4 m, considerou-se então, que se trata de uma árvore de pequeno porte.

Quadro 3.1 – Características geométricas das espécies arbóreas selecionadas.

Dimensões horizontais e verticais da árvore	
Mangueira	Pau-brasil
Pitombeira	Carolina

Fonte: Elaborado pela autora.

A Carolina é a árvore de maior porte com aproximadamente 12,2 m de altura e maior raio da copa medindo 8,7 m. A mangueira tem copa regular com maior raio medindo 7,8 m e altura total 9,2 m. A pitombeira possui copa com menores dimensões horizontais em relação

à altura (maior raio da base mede aproximadamente 5,5 m e a altura 8,25 m), a altura total da árvore chega a 10,4 m.

As características óticas (refletâncias) da folha de cada espécie arbórea, bem como das superfícies do entorno, no qual as árvores estão inseridas, são mostrados no quadro 3.2 abaixo.

Quadro 3.2 – Refletância dos materiais utilizados na simulação

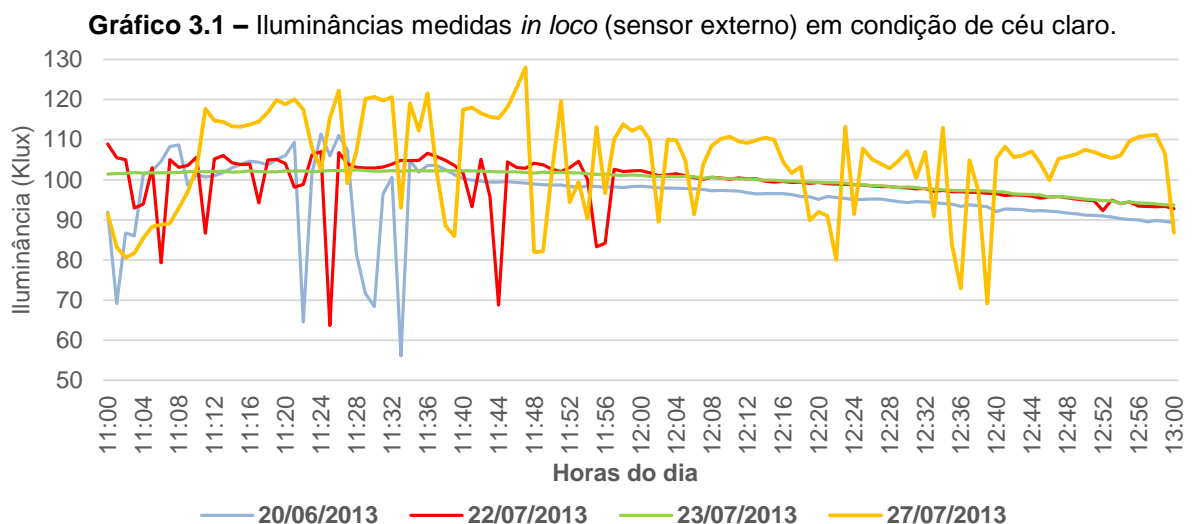
Material	Refletância (%)	Material	Refletância (%)
Folha Mangueira	16,00	Piso perm. sombra	21,00
Folha Pau-Brasil	16,67	Piso imp. sol	28,00
Folha Pitombeira	16,00	Piso imp. sombra	23,00
Folha Carolina	13,50	Parede tijolo aparente	30,50
Piso perm. sol	26,00	Parede branca	81,00

Fonte: Elaborado pela autora

3.2 Iluminância de referência

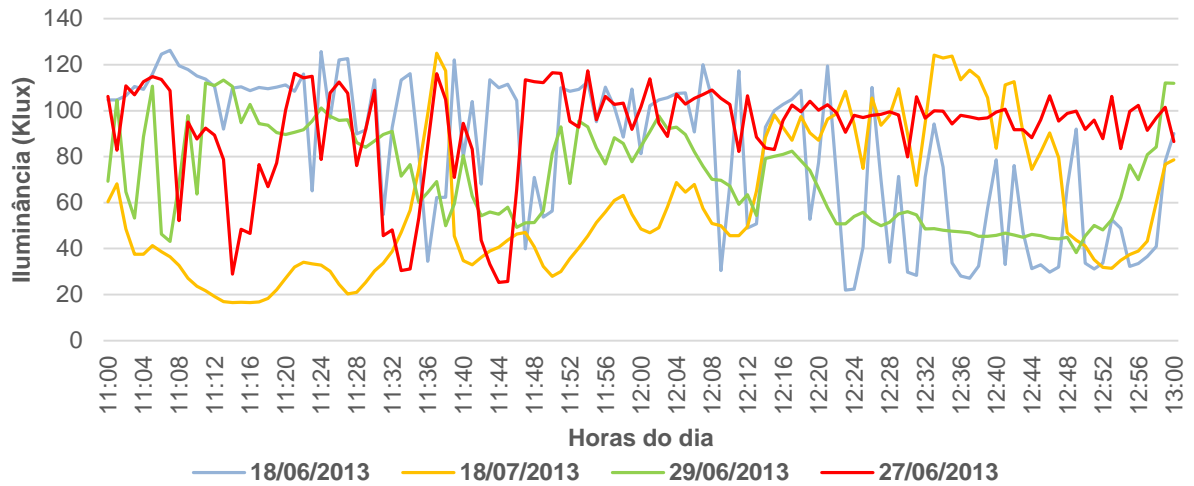
Como descrito no capítulo da metodologia, foram realizadas medições de referência da iluminância sob a copa de cada espécie arbórea estudada, bem como na condição de entorno desobstruído (sensor externo). O comportamento da iluminância, a cada um minuto, em entorno desobstruído é apresentado nos gráficos 3.1 à 3.5.

O gráfico 3.1 mostra os dados dos quatro dias de medição para a condição de céu claro. Observa-se que os dias 20/06/2013, 22/07/2013 e 23/07/2013 apresentaram comportamento semelhante. No entanto, o dia 27/07/2013 apresentou significativa variação da iluminância, isto possivelmente devido ao aparecimento de nuvens durante o tempo de medição.



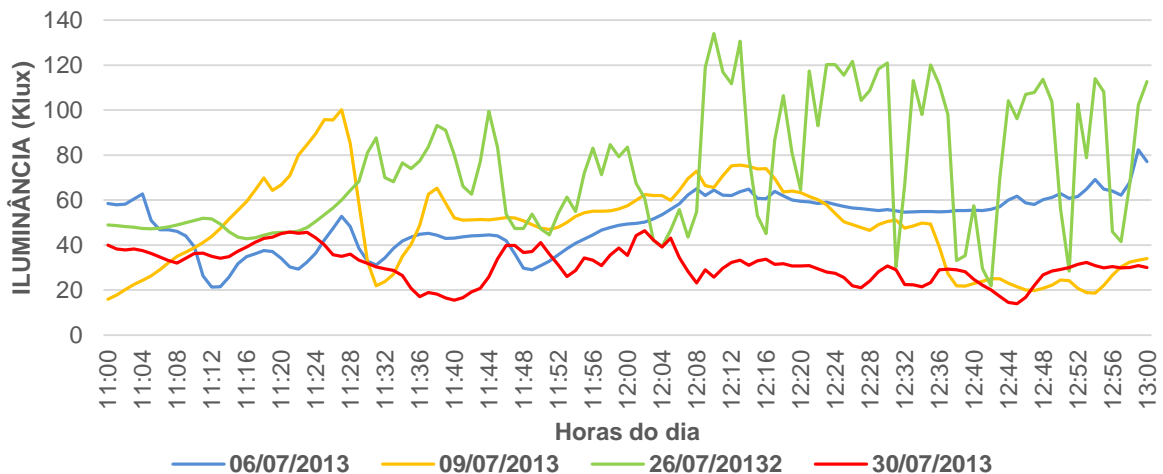
Os dias de medição correspondente à condição de céu parcialmente encoberto estão apresentados no gráfico 3.2. O comportamento da iluminância mostra-se semelhante, com variação significativa em todos os dias de registros.

Gráfico 3.2 – Iluminâncias medidas *in loco* (sensor externo) em condição de céu parcialmente encoberto



O gráfico 3.3 apresenta os dados para os dias de medição correspondentes à condição de céu encoberto. Nota-se que, os dias 06/07/2013, 09/07/2013 e 30/07/2013 apresentaram comportamento com poucas oscilações em relação ao dia 26/07/2013.

Gráfico 3.3 – Iluminâncias medidas *in loco* (sensor externo) em condição de céu encoberto



Com o gráfico de caixas 3.4 e a tabela 3.1 abaixo, é possível observar a dispersão dos dados de iluminância (Klux) em céu desobstruído pelo entorno (sensor externo), como também a presença os pontos muito afastados da média e da mediana (*outliers*). Na condição de céu claro, a iluminância mínima observada foi de aproximadamente 56 Klux e a máxima 128 Klux, a mediana ficou em torno de 100 Klux. Nesta condição de céu, 50% (caixa) das

ocorrências de iluminância estão entre 95 e 103 Klux, que corresponde a uma variação relativa de 8,4%.

Para os registros na condição de céu parcialmente encoberto, a iluminância mínima foi 16,48 Klux, a máxima 126 Klux e a mediana foi de aproximadamente 81 Klux. Observa-se que esta condição de céu foi a que apresentou maior variabilidade da luz, onde 50% das ocorrências se concentraram entre 48,8 e 100,8 Klux, equivalente a 106,5% de variação relativa.

A condição de céu encoberto registrou as menores iluminâncias, com a mínima e a máxima atingindo 13,9 e 134 Klux, respectivamente. Nesta condição de céu, a mediana é de aproximadamente 47 Klux. Considerando 50% da amostra, as iluminâncias estão concentradas entre 33 e 63 Klux (90,9% de variação relativa).

Gráfico 3.4 – Distribuição da iluminância em entorno desobstruído para cada condição de céu

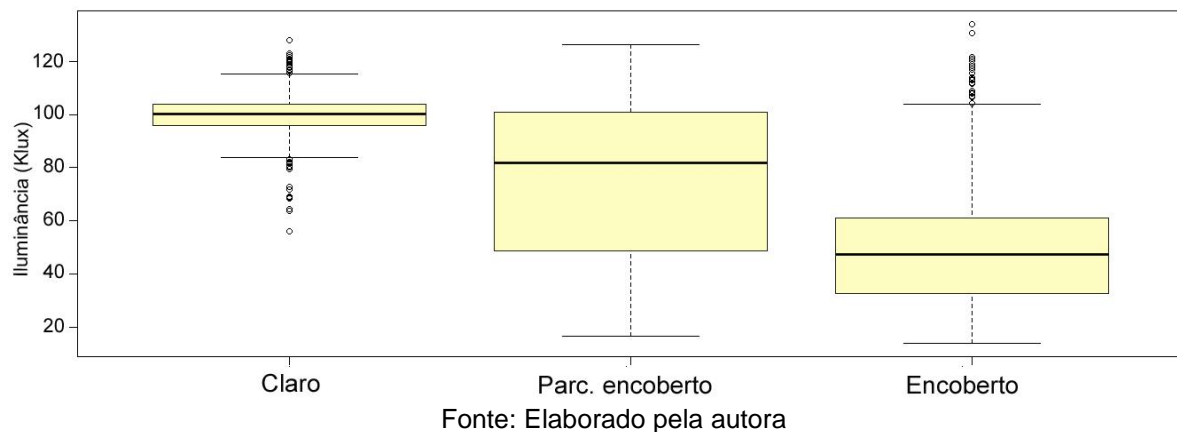


Tabela 3.1 – Níveis de dispersão da iluminância em entorno desobstruído para cada tipo de céu

ILUMINÂNCIA (Klux)			
	Céu claro	Céu parc. encoberto	Céu encoberto
Mínimo	56,11	16,48	13,89
1º quartil	95,82	48,83	32,74
Mediana	100,32	81,80	47,33
Média	99,93	76,01	50,53
3º quartil	103,74	100,80	61,17
Máxima	128,01	126,32	134,07

Fonte: Elaborado pela autora

A partir do gráfico de caixas 3.4 e da tabela 3.1, observa-se que a menor variação, bem como os níveis mais elevados de iluminância, ocorreram nos dias de céu claro, isto se deve a homogeneidade deste tipo de céu sem significativa presença de nuvens. Ressalta-se ainda, o brilho mais intenso da abobada celeste próximo ao sol e mais escuro no horizonte.

Na condição de céu encoberto foram registrados os níveis de iluminância mais baixos, com variabilidade intermediária. Os menores registros de iluminâncias se devem ao fato de que, em um céu completamente encoberto, não há luz solar direta atingindo o solo e a coroa

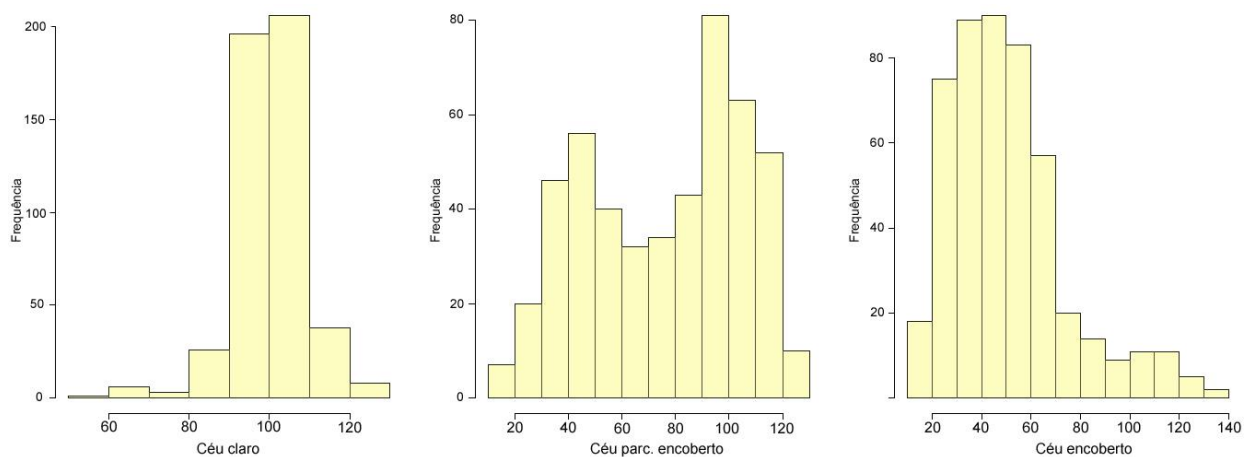
solar não é visível. Além disso, a abóbada apresenta gradações do cinza claro ao cinza escuro, geralmente com a porção zenital apresentando uma iluminância maior que a da porção próxima à linha do horizonte.

Nos dias de céu parcialmente encoberto ocorreu a maior variação da iluminância. Isto é decorrente da não homogeneidade do céu, com presença de nuvens que não cobrem totalmente a abóbada celeste. Este tipo de céu é o mais frequente em território brasileiro, portanto deve ser considerado em estudos de iluminação natural.

A partir dos histogramas do gráfico 3.5, nota-se que aparentemente, os três conjuntos de dados referentes aos tipos de céu não apresentam distribuição normal. Isto foi confirmado através do teste de normalidade (Shapiro Wilk) com nível de significância igual a 95%. Os resultados mostraram a hipótese de que se trata de populações que não apresentam distribuição normal.

Com o gráfico 3.5 é possível observar ainda as frequências com que ocorreram as iluminâncias nos tipos de céu. Nos dias de céu claro a maior frequência ocorreu entre 100 e 110 Klux, nos dias de céu parcialmente nublado, a maior frequência foi entre 90 e 100 Klux e, nos dias de céu encoberto, a maior frequência ficou entre 40 e 50 Klux.

Gráfico 3.5 – Frequência de ocorrência da iluminância em entorno desobstruído para cada condição de céu.



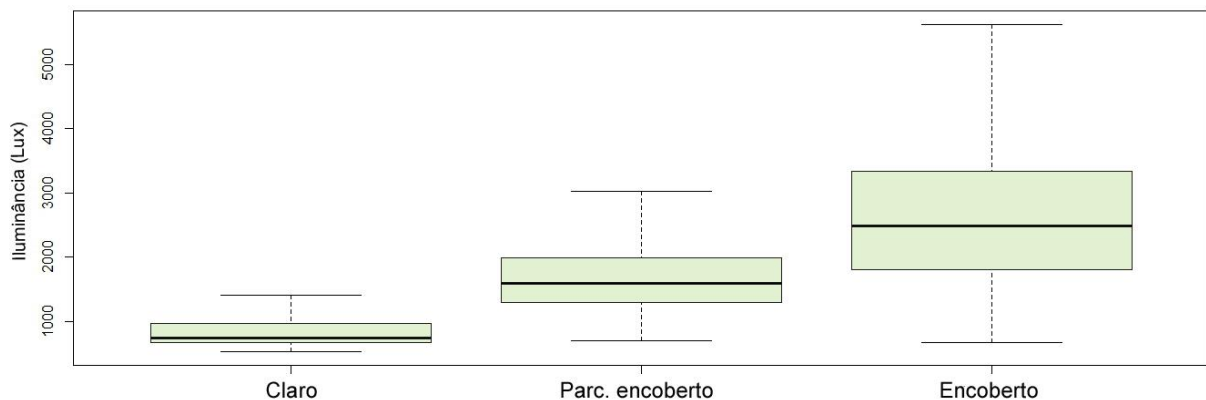
Fonte: Elaborado pela autora.

As iluminâncias medidas sob a copa das espécies arbóreas estudadas estão apresentadas nos gráficos 3.6 a 3.14. Os gráficos 3.6 a 3.9 mostram o comportamento da iluminância por tipo de céu, considerando que os dados espúrios, correspondente a 2%, foram eliminados dos gráficos. Percebeu-se que em todas as árvores, na condição de céu claro, foram registrados os menores níveis de iluminância. E, na condição de céu encoberto registrou-se as maiores luminâncias, exceto na espécie Carolina (Gráfico 3.9) que obteve níveis um pouco mais baixos. Assim, o comportamento da iluminância sob as copas arbóreas,

em relação aos tipos de céu, são inversos ao comportamento da iluminância externa. Explica-se este fato considerando que, em dias de céu claro, a maior contribuição da luz vem da porção da abóbada próxima ao sol e, em dias de céu encoberto, a luz é difusa e uniformemente distribuída em toda a abóbada. Com isto, em condição de céu claro a copa arbórea consegue bloquear uma parcela significativa da luz, no entanto, em condição de céu encoberto a homogeneidade na distribuição da iluminância faz com que o desempenho da iluminação sob a copa receba influência de toda a abóbada celeste, não apenas da porção próxima ao sol.

A variação da iluminância, em relação aos tipos de céu, se manteve mais constante nas espécies Pau-Brasil, Pitombeira e Carolina. Na Mangueira (Gráfico 3.6 e Tabela 3.2), a variabilidade da luz foi mais acentuada. Em condição de céu claro, para 50% da amostra (diferença entre quartis), apresentou variação relativa de 44,6%, correspondente a 295,9 lux. para as condições de céu parcialmente encoberto e encoberto, esta variação foi de 53,7% (696,5 lux) e 85,1% (1535,4 lux), respectivamente.

Gráfico 3.6 – Variabilidade da iluminância sob a copa da mangueira para cada condição de céu



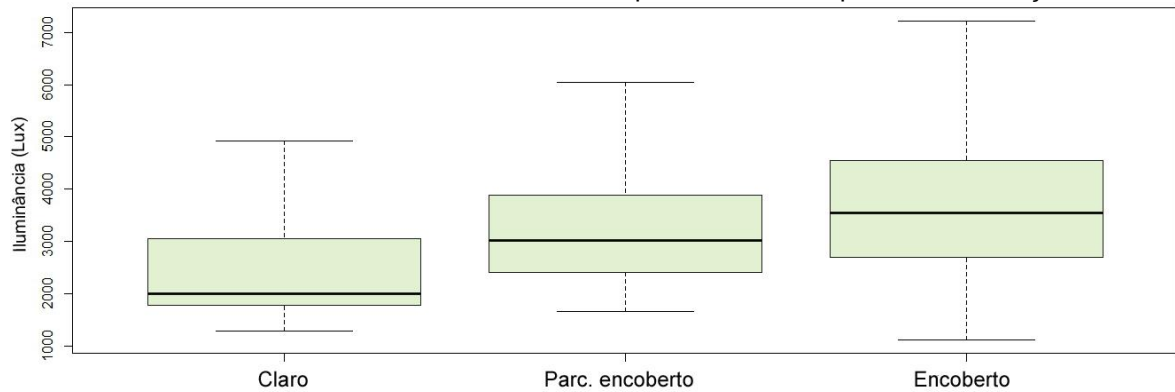
Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 3.2 – Níveis de dispersão da iluminância sob a copa da mangueira para cada tipo de céu

Medição in loco - Iluminância (lux)			
	Céu claro	Céu parc. encoberto	Céu encoberto
Mínimo	523,3	695,1	664,6
1º quartil	663,8	1296,1	1804,4
Mediana	732	1596,9	2482,3
Média	4266,3	2611,3	3369,4
3º quartil	959,7	1992,6	3339,8
Máxima	95424	87761	54874

Fonte: Elaborado pela autora

Considerando o pau-brasil (Gráfico 3.7 e Tabela 3.3), percebeu-se que a variação da iluminância é mais constante entre as condições de céu. A variação relativa da luz para céu claro, parcialmente encoberto e encoberto correspondeu a 71,2% (1267 lux), 60,9% (1472 lux) e 68,2% (1846 lux), respectivamente.

Gráfico 3.7 – Variabilidade da iluminância sob a copa do Pau-Brasil para cada condição de céu

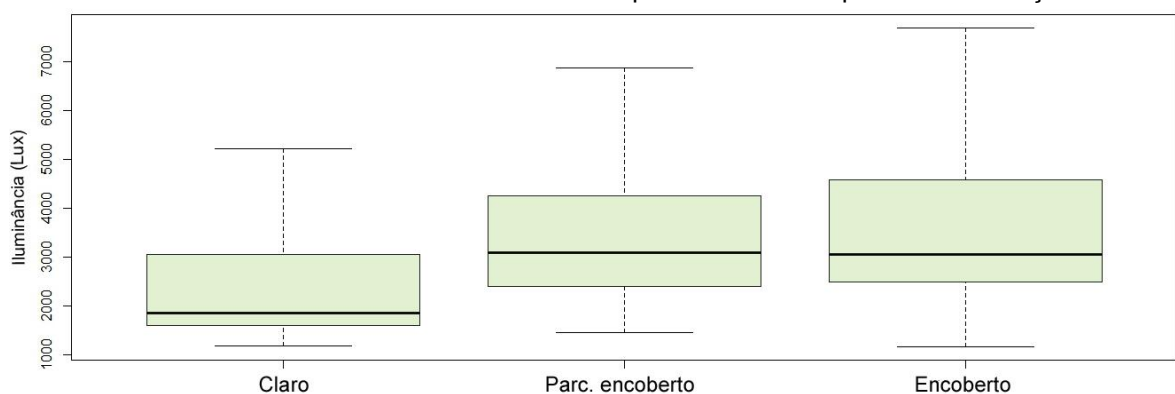
Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 3.3 – Níveis de dispersão da iluminância sob a copa do Pau-Brasil para cada tipo de céu

Medição in loco - Iluminância (lux)			
	Céu claro	Céu parc. encoberto	Céu encoberto
Mínimo	1292	1661	1118
1º quartil	1780	2417	2707
Mediana	2000	3028	3540
Média	4348	4745	4057
3º quartil	3047	3889	4553
Máxima	64103	70105	31906

Fonte: Elaborado pela autora

A pitombeira (Gráfico 3.8 e Tabela 3.4), da mesma forma que o pau-brasil, apresentou variabilidade da luz de forma mais constante, em relação aos tipos de céu. Para o céu claro, a variação relativa foi de 90,6% (1446 lux); para a condição de céu parcialmente encoberto, essa variação foi de 76,4% (1837 lux); e, para o céu encoberto, a variação relativa correspondeu a 83,7% (2085 lux).

Gráfico 3.8 – Variabilidade da iluminância sob a copa da Pitombeira para cada condição de céu

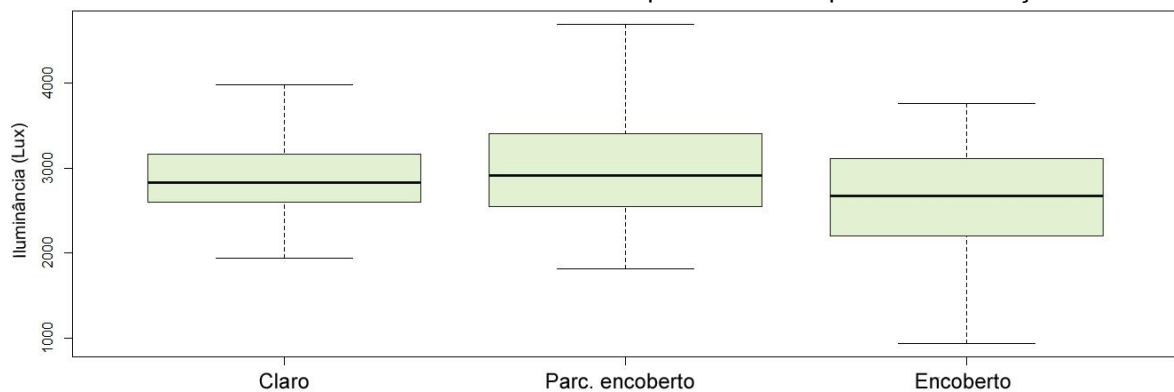
Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 3.4 – Níveis de dispersão da iluminância sob a copa da Pitombeira para cada tipo de céu

Medição in loco - Iluminância (lux)			
	Céu claro	Céu parc. encoberto	Céu encoberto
Mínimo	1170	1454	1156
1º quartil	1595	2405	2490
Mediana	1855	3088	3049
Média	4389	4636	3579
3º quartil	3041	4242	4575
Máxima	79772	59573	8938

Fonte: Elaborado pela autora

A variabilidade da luz sob a copa da carolina (Gráfico 3.9 e Tabela 3.5), também demonstrou uniformidade entre os tipos de céu. Considerando a condição de céu claro, a variação relativa da iluminância para 50% da amostra (caixa), foi de 21,3% (554 lux). Para o céu parcialmente encoberto, essa variação correspondeu a 33,9% (862 lux) e, para o céu encoberto, a variação relativa foi de 41,2% (907 lux).

Gráfico 3.9 – Variabilidade da iluminância sob a copa da Carolina para cada condição de céu

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 3.5 – Níveis de dispersão da iluminância sob a copa da Carolina para cada tipo de céu

Medição in loco - Iluminância (lux)			
	Céu claro	Céu parc. encoberto	Céu encoberto
Mínimo	1937	1811	229
1º quartil	2603	2542	2203
Mediana	2824	2910	2672
Média	3102	3158	2615
3º quartil	3157	3404	3110
Máxima	14341	22933	3755

Fonte: Elaborado pela autora

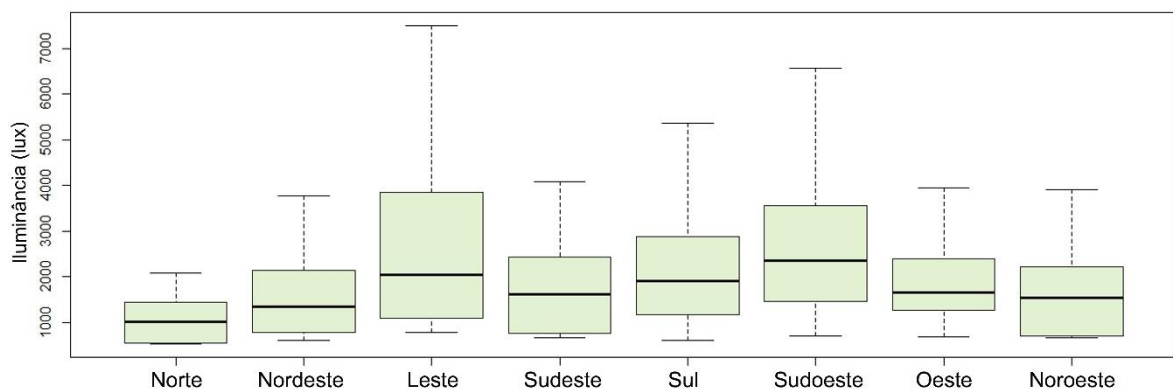
Para cada árvore, os dados de iluminância correspondentes a cada condição de céu foram agrupados em único conjunto de dados e separados em função da orientação. Foram excluídos dos gráficos os dados espúrios correspondentes a 2%. Nos gráficos 3.10 a 3.14 e nas tabelas 3.6 a 3.9 são apresentados os resultados dos níveis de dispersão da iluminância medida para cada tipo arbóreo.

Observa-se que, nas orientações que se destacaram apresentando maiores variações e maiores níveis da iluminância, essas diferenças são atribuídas à geometria da copa, à

reflexão do entorno e aos vazios presentes na copa. Em relação à geometria da copa, o tronco, tomado como referência para a distribuição dos sensores, não se encontra no centro da mesma, conseqüentemente a sombra projetada no solo não é simétrica em relação aos sensores, fazendo com que parte dos sensores recebam uma carga maior de luz refletida por estarem mais próximos à superfícies (como o piso) expostas ao sol.

Outro fator que pode justificar estas diferenças é a presença de vazios na ramagem em determinadas porções da copa. Nota-se que, em copas mais homogêneas, como é o caso do Pau-brasil e da Carolina, os níveis de dispersão da iluminância são mais constantes, as medianas apresentam poucas variações em relação as orientações.

Gráfico 3.10 – Variabilidade da iluminância sob a copa da Mangueira em cada orientação



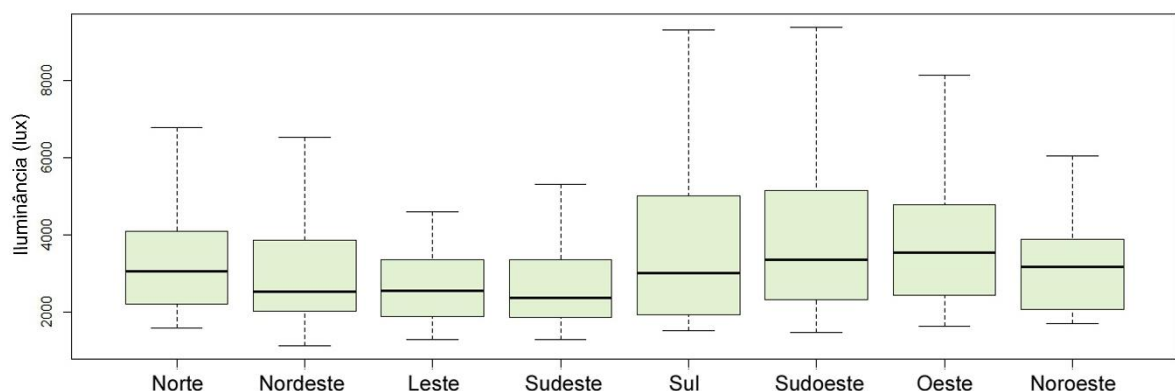
Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 3.6 – Níveis de dispersão da iluminância sob a copa da Mangueira para cada orientação

Medição in loco – Iluminância (lux)								
	Norte	Nordeste	Leste	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
Mínimo	523,3	598,2	774,4	653,6	606,4	707,3	673,0	654,5
1º quartil	539.1	788.0	1095	753.8	1174	1461.4	1258	699.5
Mediana	1005.5	1351.9	2042.2	1617.4	1902	2356.8	1662	1535.1
Media	1305.3	2605.2	4171.9	2077.9	4536	7784.7	2537	2307.3
3º quartil	1443.5	2138.7	3855.8	2438.7	2881	3558.2	2396	2219.8
Máximo	39277	83076	87761	23083	87029	95424	46146	33848

Fonte: Elaborado pela autora

Gráfico 3.11 – Variabilidade da iluminância sob a copa do Pau-Brasil em cada orientação

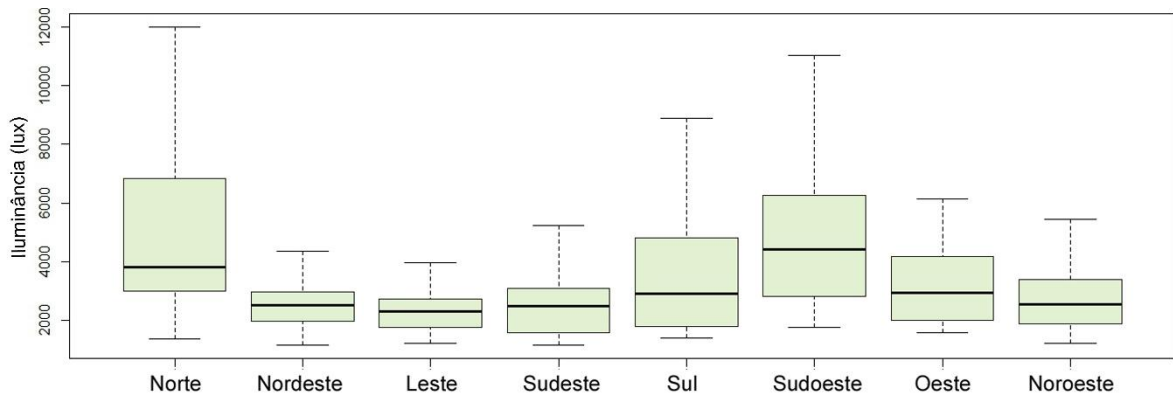


Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 3.7 – Níveis de dispersão da iluminância sob a copa do Pau-Brasil para cada orientação

Medição in loco – Iluminância (lux)								
	Norte	Nordeste	Leste	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
Mínimo	1576	1118	1274	1292	1509	1463	1632	1700
1º quartil	2212	2014	1884	1865	1937	2315	2434	2070
Mediana	3068	2521	2555	2366	3013	3362	3542	3179
Media	4361	4448	3310	3616	5379	5048	5714	3189
3º quartil	4104	3868	3355	3362	5024	5164	4794	3890
Máximo	38220	49767	29181	38762	53999	55880	70105	6816

Fonte: Elaborado pela autora

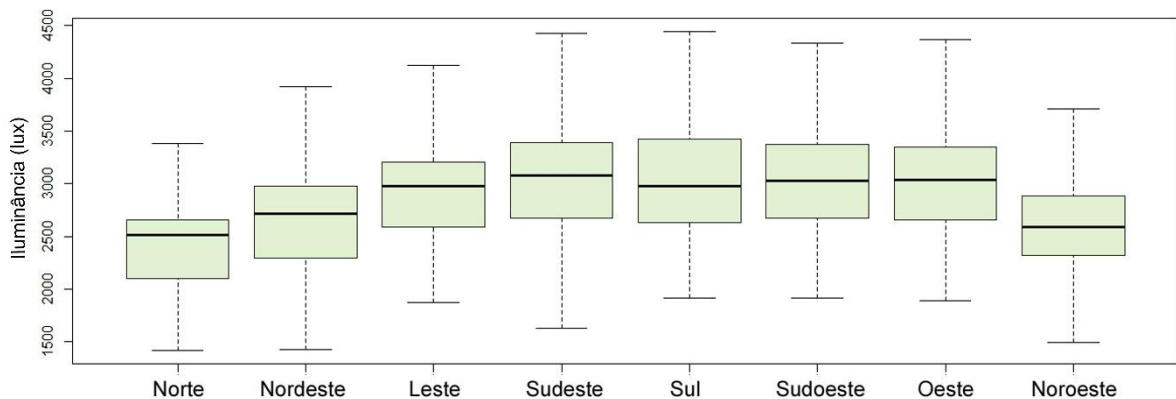
Gráfico 3.12 – Variabilidade da iluminância sob a copa da Pitombeira em cada orientação

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 3.8 – Níveis de dispersão da iluminância sob a copa da Pitombeira para cada orientação

Medição in loco – Iluminância (lux)								
	Norte	Nordeste	Leste	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
Mínimo	1369	1156	1232	1170	1402	1779	1583	1234
1º quartil	3001	1985	1758	1597	1787	2815	1992	1888
Mediana	3805	2510	2322	2475	2902	4412	2933	2541
Media	7909	3089	2994	3394	3579	5699	3102	3842
3º quartil	6832	2966	2744	3098	4806	6258	4192	3395
Máximo	79772	19740	33709	36245	24582	74557	6140	35309

Fonte: Elaborado pela autora

Gráfico 3.13 – Variabilidade da iluminância sob a copa do Carolina em cada orientação

Fonte: Elaborado pela autora

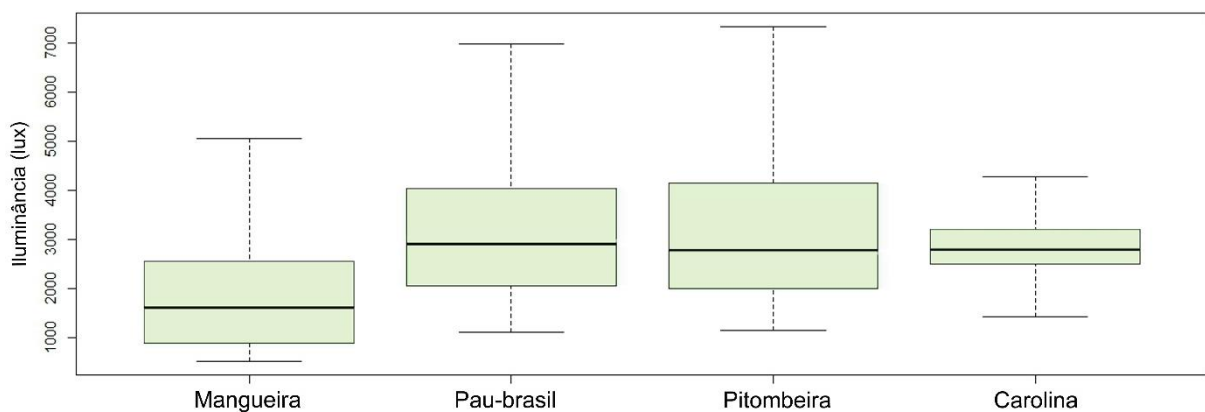
Tabela 3.9 – Níveis de dispersão da iluminância sob a copa da Carolina para cada orientação

Medição in loco – Iluminância (lux)								
	Norte	Nordeste	Leste	Sudeste	Sul	Sudoeste	Oeste	Noroeste
Mínimo	229	1425	1335	1335	1911	1911	1890	274
1º quartil	2104	2290	2592	2672	2630	2675	2655	2316
Mediana	2517	2714	2976	3076	2979	3031	3033	2585
Media	2398	2736	3428	3097	3135	3153	3148	2573
3º quartil	2660	2978	3204	3387	3423	3372	3347	2881
Máximo	7260	7884	22933	6817	7464	9302	10906	8003

Fonte: Elaborado pela autora

No gráfico 3.14 e tabela 3.10 são apresentados, de forma sintetizada, o comportamento dos níveis de iluminação em cada tipo arbóreo. Observa-se que, o Pau-brasil, a Pitombeira e a Carolina apresentaram medianas aproximadamente iguais, porém a variação da iluminância sob a copa da Carolina foi consideravelmente menor. Isto pode estar relacionado à fatores tais como a densidade e dimensão da copa, bem como refletância e tipo de folha.

A mangueira apresentou os menores níveis de dispersão, porém com variação, relativamente próxima à do Pau-brasil e Pitombeira. A mangueira é uma árvore de copa densa e folha relativamente grande, mas que apresenta vazios inconstantes em algumas orientações, permitindo variações na penetração da luz.

Gráfico 3.14 – Comportamento da iluminância sob a copa do Carolina em cada orientação.

Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 3.10 – Níveis de dispersão da iluminância sob a copa de cada árvore

Medição in loco – Iluminância (lux)				
	Mangueira	Pau-brasil	Pitombeira	Carolina
Mínimo	523,3	1118	1156	229
1º quartil	893,2	2065	2009	2500
Mediana	1611,2	2913	2781	2795
Media	3415,7	4383	4201	2958
3º quartil	2563,8	4043	4148	3211
Máximo	95424	70105	79772	22933

Fonte: Elaborado pela autora

Para cada conjunto de dados das árvores foi aplicado o teste de normalidade *Shapiro Wilk* com nível de significância de 0,05. Assim, foi observado que em todos os casos, se trata de populações que não apresentam distribuição normal.

Para comparar as variâncias de iluminância entre as árvores foi aplicado o teste não paramétrico de Fligner-Killeen, considerando nível de significância de 0,05 para o valor p e margem de erro de $\pm 5\%$ (intervalo de confiança de 95%) para as estimativas. Os resultados observados no quadro 3.3, confirmaram que apenas no Pau-brasil e na Pitombeira as hipóteses de igualdade dos postos não foram rejeitadas, ou seja, as variâncias podem ser consideradas iguais.

Quadro 3.3 – Resultados do teste de variância a partir da combinação dos tipos arbóreos

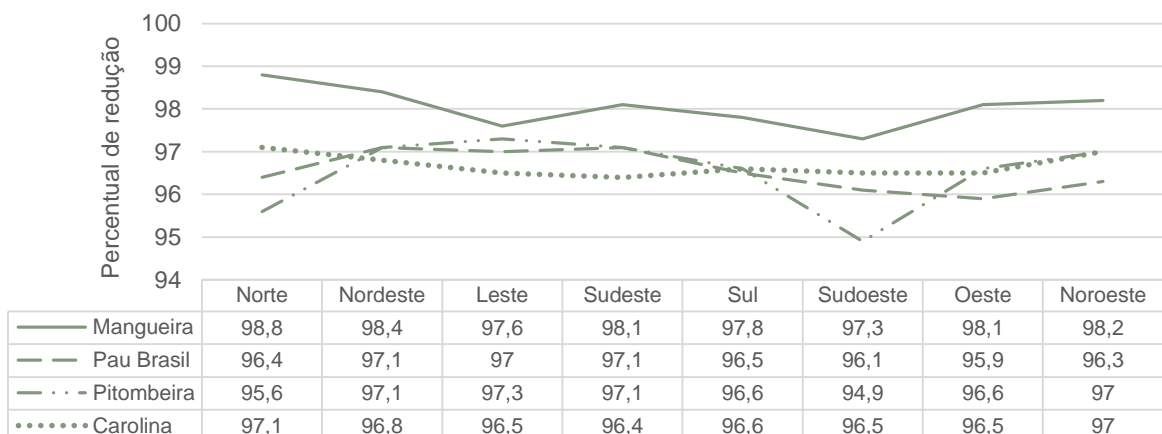
Teste de variância - Fligner-Killeen			
	Valor p		Valor p
Mangueira x Pau-brasil2,2 ⁻¹⁶	Pau-brasil x Pitombeira0,97
Mangueira x Pitombeira5,4 ⁻¹⁶	Pau-brasil x Carolina2,2 ⁻¹⁶
Mangueira x Carolina2,2 ⁻¹⁶	Pitombeira x Carolina2,2 ⁻¹⁶

Fonte: Elaborado pela autora

No gráfico 3.15 são apresentados os percentuais de redução da iluminância por orientação, em relação às iluminâncias medidas na condição de céu desobstruído pelo entorno. Estes percentuais foram obtidos com base nos valores das medianas de cada orientação e na mediana do conjunto de dados do sensor externo.

As reduções observadas ficaram entre 95% e 99%. As maiores reduções da iluminância ocorreram na mangueira, ficando entre 97,3% e 98,8%. Isto se explica pelo nível de densidade bastante elevado dessa árvore. A Pitombeira por sua vez, apresentou as maiores diferenças de redução, variando entre 94,9% e 97,3%. Se trata de uma copa com densidade média e apresenta vazios significativos em sua ramagem.

Gráfico 3.15 – Percentuais de redução da iluminância por orientação



Fonte: Elaborado pela autora

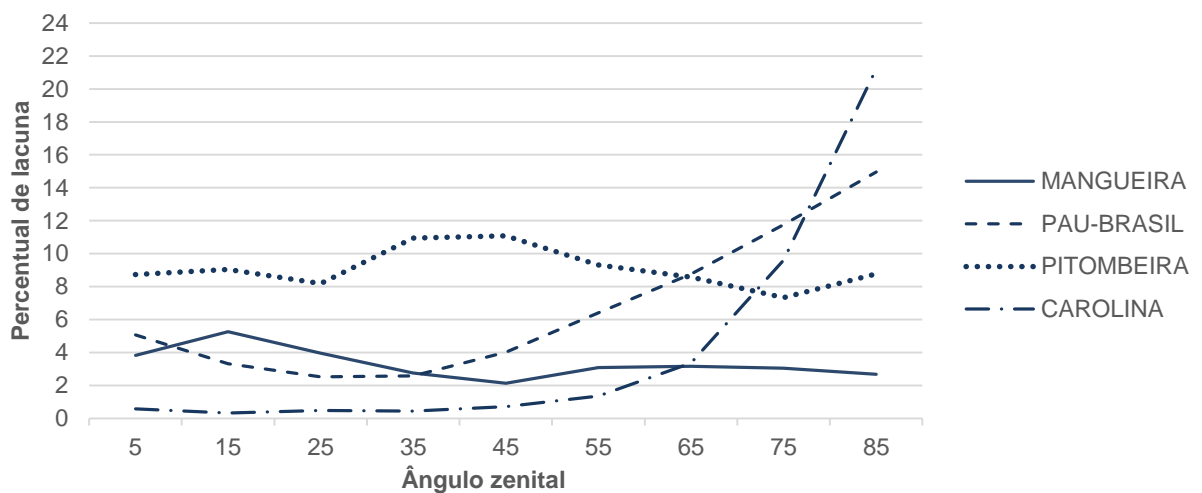
A Carolina e o Pau-brasil apresentaram reduções mais constantes, a Carolina variando entre 96,4% e 97,1% e o Pau-brasil entre 95,9% e 97,1%, confirmando o que já foi comentado anteriormente, se trata de copas com ramagens mais homogêneas, sem grandes vazios. Além disso, o tipo de folha de ambas as árvores são compostas por folíolos, possibilitando uma permeabilidade mais constante da luz e melhor distribuída.

3.3 Processamento e análise das imagens hemisféricas

Como já descrito na metodologia, foram registradas imagens hemisféricas sob a copa de cada tipo arbóreo. Com estas imagens obteve-se dados de fração de lacuna a partir dos quais foi possível, juntamente com a geometria da copa, desenvolver o modelo geométrico virtual que melhor se ajuste às árvores estudadas.

O software Gap Light Analyzer – GLA, utilizado para o processamento das imagens faz a extração dos dados de fração de lacuna por duas maneiras: por segmento de céu, em função do ângulo zenital; e por intervalos iguais de cosseno do ângulo zenital. O resultado do primeiro método pode ser observado no anexo B e no gráfico 3.16, onde os valores de *fração de lacuna* estão expressos em porcentagem.

Gráfico 3.16 – Percentuais de lacuna em função do ângulo zenital para as árvores estudadas



Fonte: Elaborado pela autora

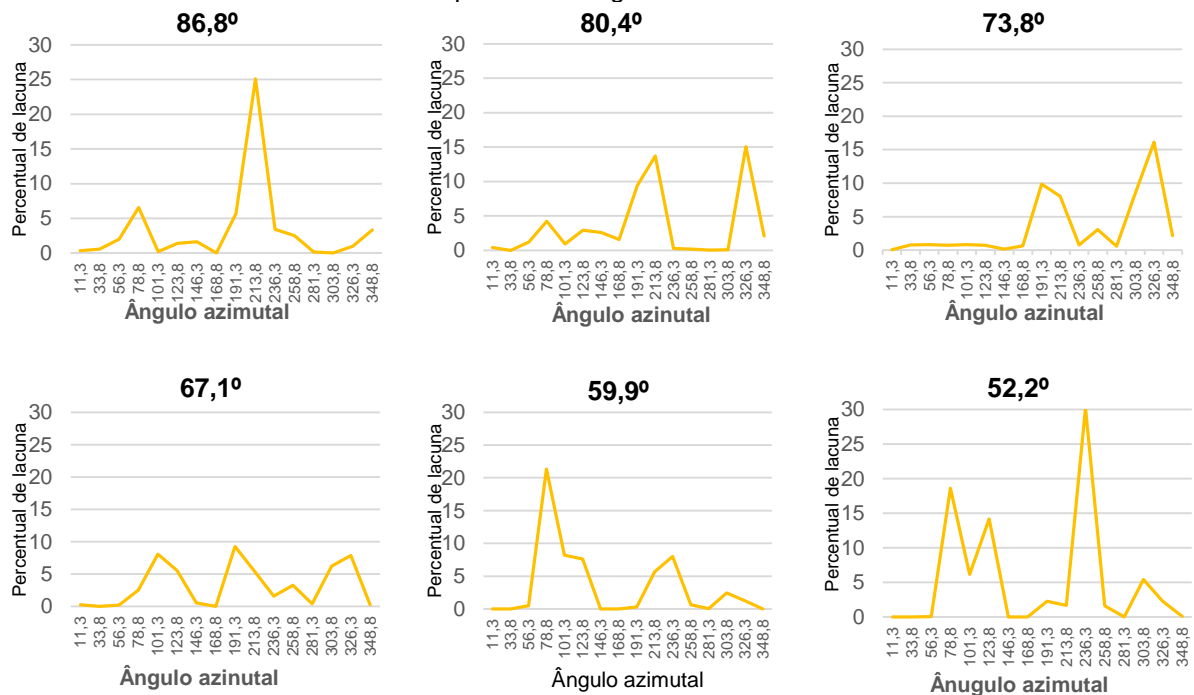
Observa-se que, a mangueira e a pitombeira apresentam fração de lacuna mais uniformemente distribuída em função do ângulo zenital. A pitombeira apresentou os valores mais elevados, ficando entre 7,5% e 11,0%. Isto indica que possui copa mais aberta e também mais uniforme. A espécie mangueira apresentou também copa com pouca variação de *fração de lacuna*, entretanto, valores relativamente baixos, entre 2,0% e 5,2%, indicando que se trata de uma árvore de copa fechada e densa.

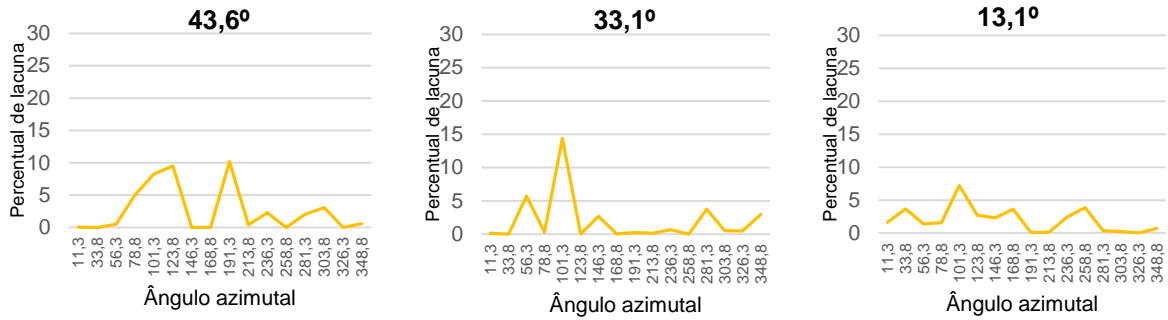
A espécie pau-brasil apresentou níveis de *fração de lacuna* mais elevados, que aumenta gradativamente a partir de 45° até 85°, base da copa. O menor percentual atingido foi de 2,5%, chegando a 15,0%. Isso caracteriza uma copa que possui maior densidade no seu centro e é pouco densa nas extremidades da base. A carolina, da mesma forma que o pau-brasil, caracteriza-se como uma copa com alto grau de densidade no seu centro, diminuindo gradativamente até a sua base. O menor percentual de lacuna (0,3%) ocorreu no ângulo zenital de 15° e, a maior ocorrência foi 21% no ângulo de 85°.

Nos gráficos 3.17 a 3.20, estão os resultados do segundo método de extração de dados de fração de lacuna. Cada gráfico de linha corresponde a um ângulo zenital. Os dados estão expressos em porcentagem em função do ângulo azimutal. Observa-se que, em todas as árvores o comportamento geral foi o mesmo, apresentando baixas porcentagens de lacuna no centro da copa, aumentando em direção à base.

Na mangueira, o nível mais elevado de lacuna foi 30,0%, ocorrido na região da copa com ângulo zenital de 52,2° e azimutal de 236,2°. No pau-brasil, o maior nível atingido foi pouco mais de 40,0%, no zênite 86,8° e azimute 281,3°. A pitombeira apresentou 75,0% de lacuna na região da copa com ângulo zenital 86,8° e azimute de 236,3°. E a carolina apresentou o maior nível de lacuna (90,0%) ocorrido no zênite 86,8° e no azimute 281,3°.

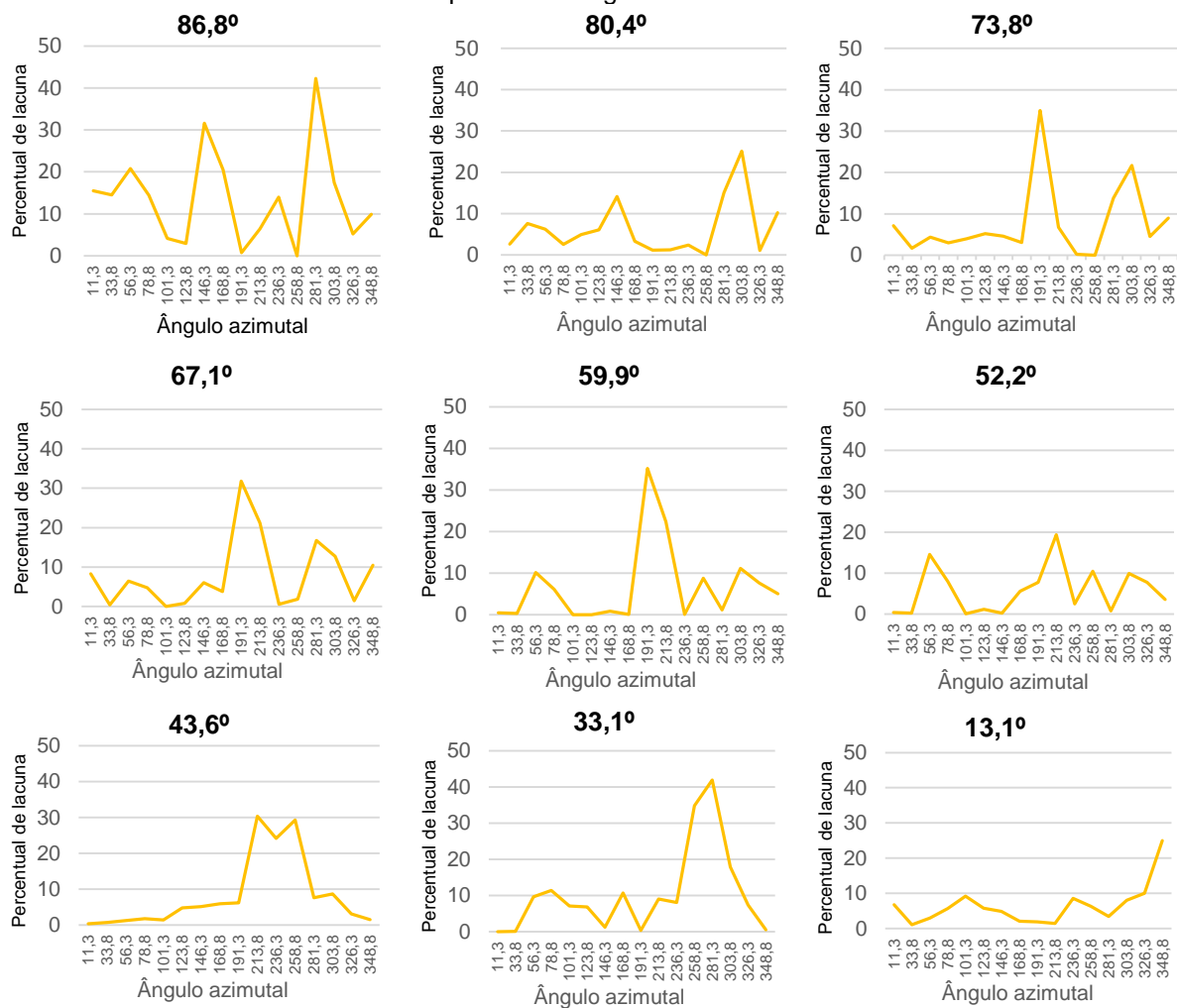
Gráfico 3.17 – Mangueira - comportamento do percentual de lacuna em função do ângulo azimutal para cada ângulo zenital





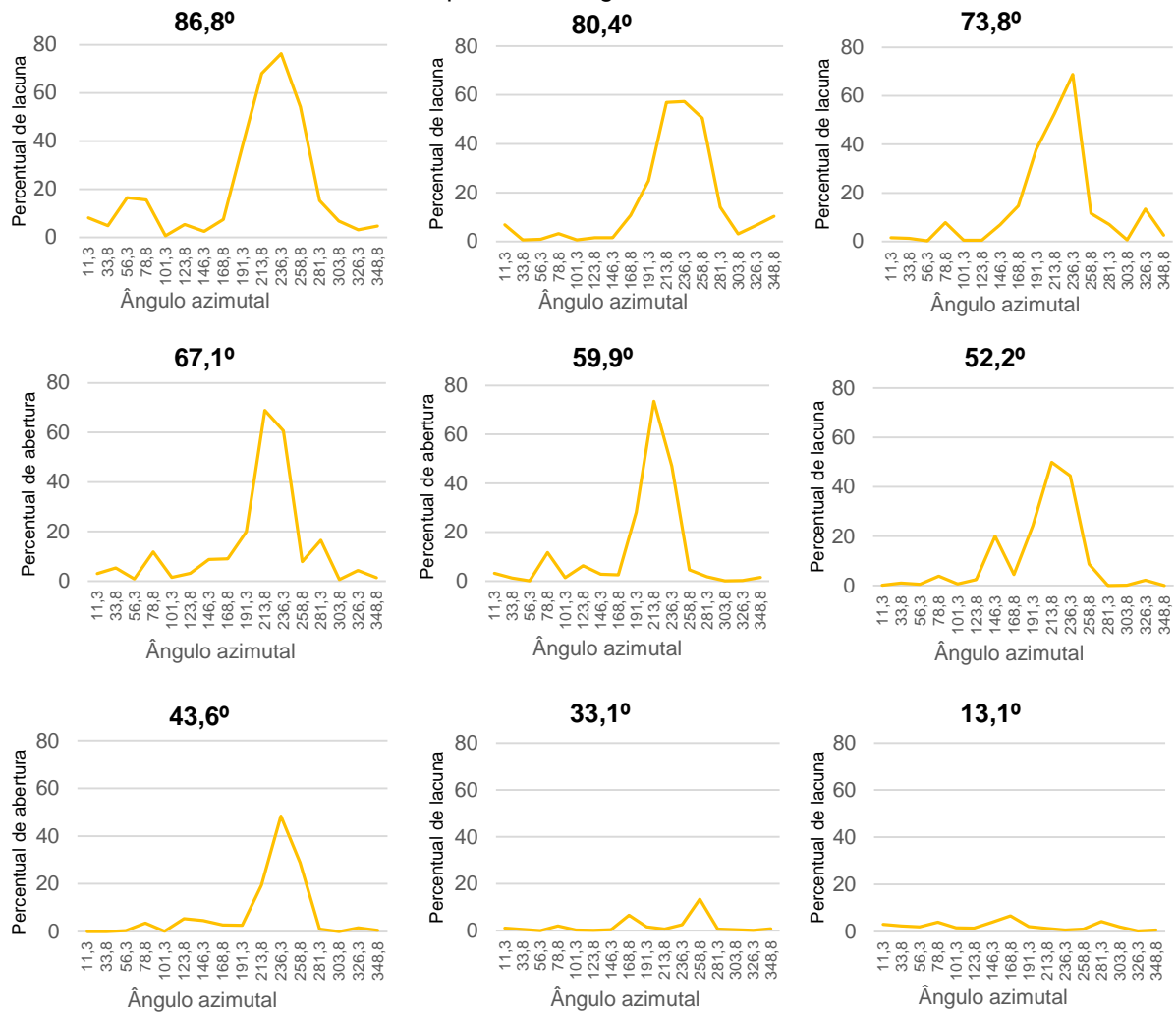
Fonte: Elaborado pela autora

Gráfico 3.18 – Pau-brasil - comportamento do percentual de lacuna em função do ângulo azimutal para cada ângulo zenital



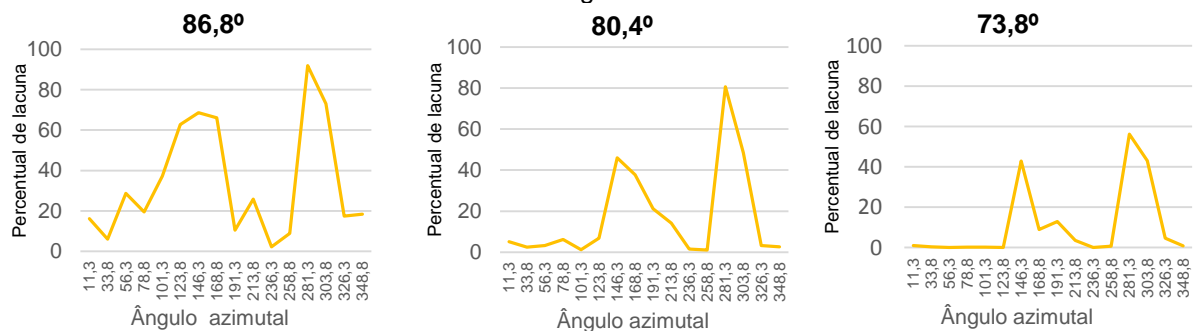
Fonte: Elaborado pela autora

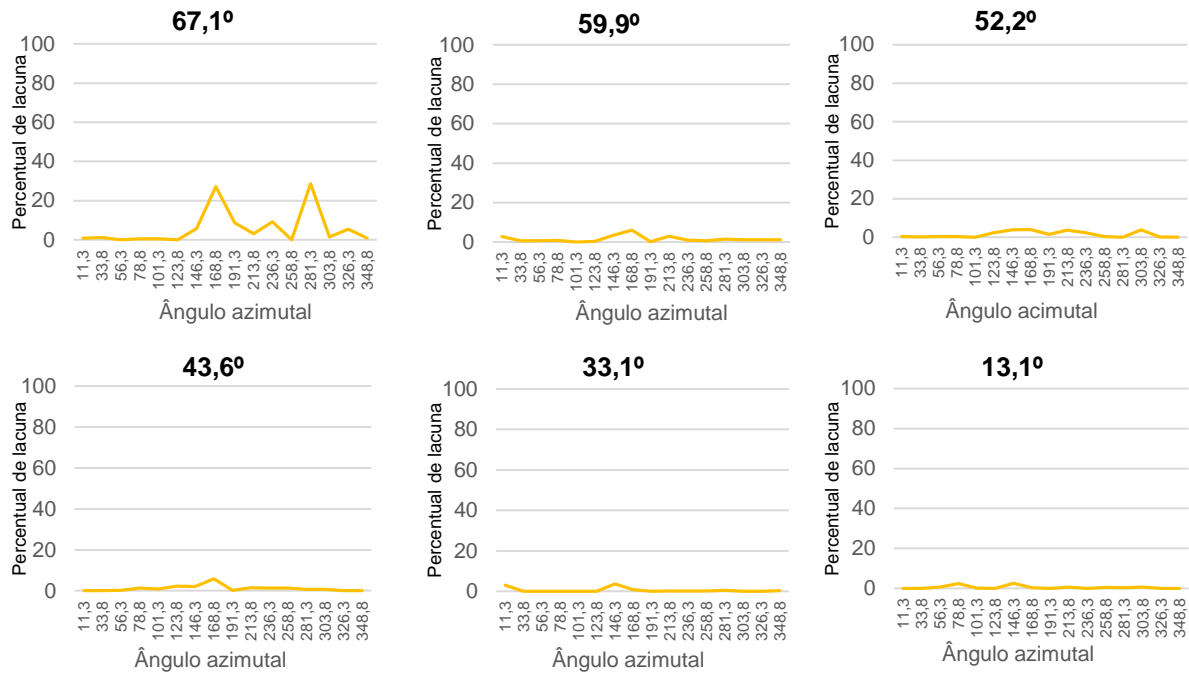
Gráfico 3.19 – Pitombeira - comportamento do percentual de lacuna em função do ângulo azimutal para cada ângulo zenital



Fonte: Elaborado pela autora

Gráfico 3.20 – Carolina - comportamento do percentual de lacuna em função do ângulo azimutal para cada ângulo zenital





Fonte: Elaborado pela autora

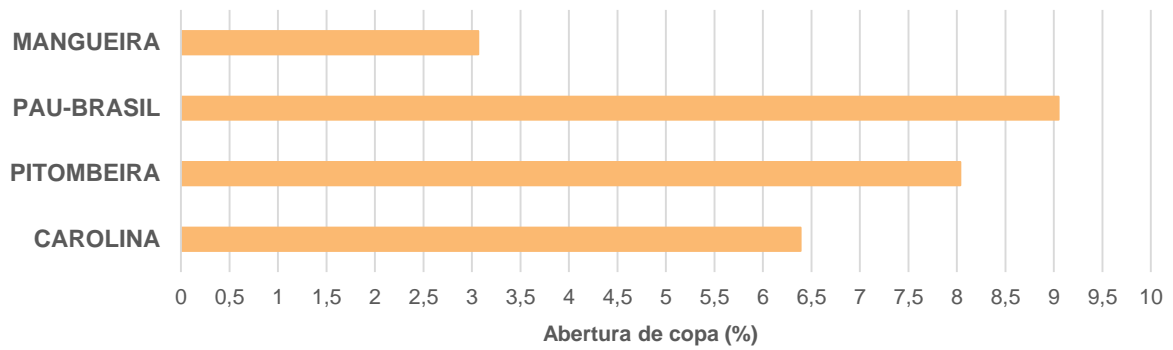
O software GLA gera percentuais de abertura de copa; então em cada árvore, foi calculada a média aritmética dos dados de abertura de copa das fotografias olho de peixe correspondentes a cada orientação. Estes percentuais podem ser observados na tabela 3.11 abaixo.

Tabela 3.11 – Percentuais de abertura de copa obtidos a partir das fotografias *olho de peixe*.

ÁRVORE	ORIENTAÇÃO								MÉDIA
	N	NE	L	SE	S	SO	O	NO	
Mangueira	1,99	4,48	4,89	2,9	3,55	2,7	2,3	1,7	3,06
Pau-brasil	6,15	8,74	6,78	7,1	9,46	13,79	11,74	8,64	9,05
Pitombeira	5,76	6,63	7,02	8,68	10,08	9,4	8,76	7,95	8,04
Carolina	5,39	3,91	5,57	8,84	8,34	6,72	6,92	5,41	6,39

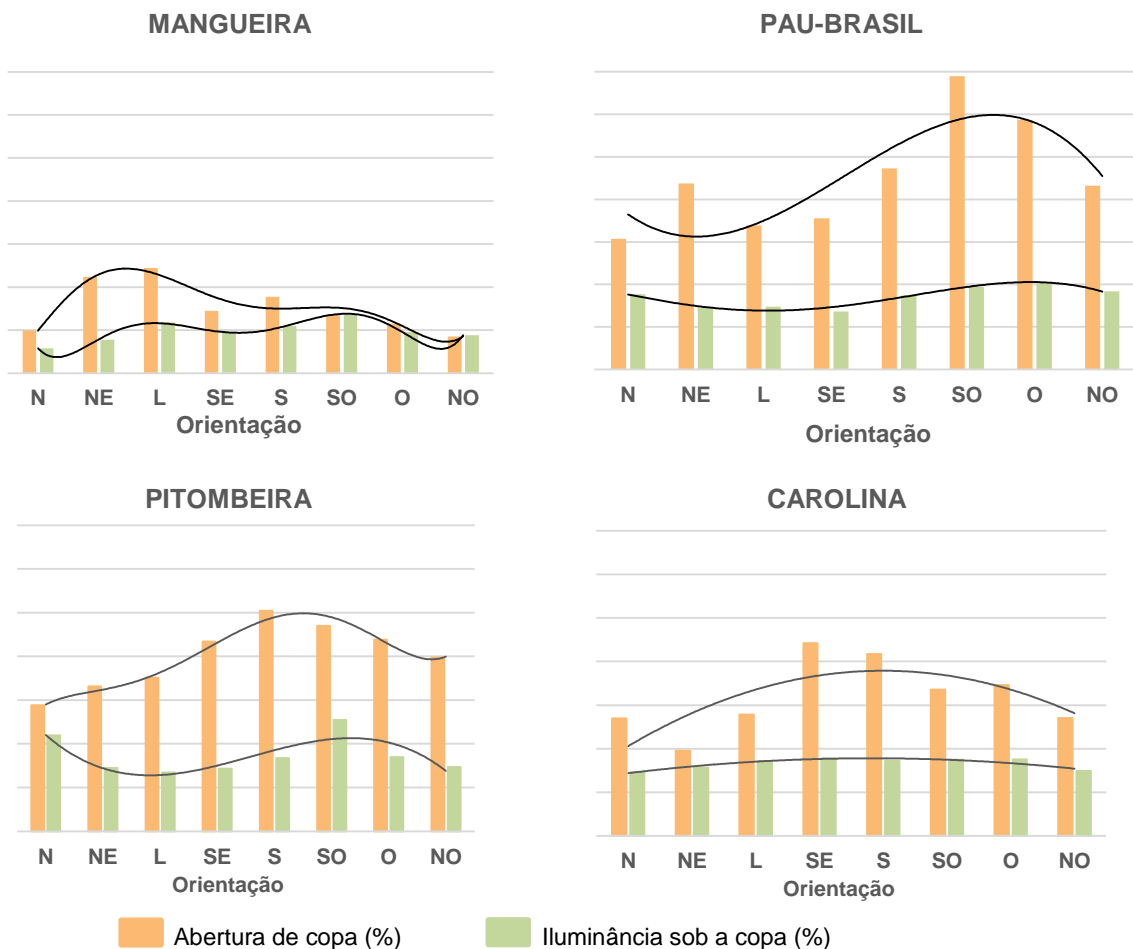
Fonte: Elaborado pela autora.

No gráfico 3.21 compara-se os percentuais de abertura, considerando a copa como um todo. Observa-se que a mangueira é a árvore que apresentou copa mais fechada, seguida da carolina. A pitombeira e o pau-brasil são as que apresentaram os maiores percentuais de abertura, sendo a copa do pau-brasil a que se mostra com as maiores lacunas, aproximadamente 9% do todo.

Gráfico 3.21 – Percentual de abertura de copa por espécie arbórea

Fonte: Elaborado pela autora.

Traçando-se uma relação entre o percentual de abertura da copa em cada fotografia olho de peixe e as medianas das medições da iluminância sob a copa, correspondentes a cada orientação, obteve-se o gráfico 3.22. A partir da linha de tendência, observa-se que a quantidade de iluminação que incide sob a copa guarda uma estreita relação com a variável *fração de lacuna* ou o percentual de abertura de copa. Assim, pode-se afirmar que esta variável tem influência significativa no desempenho da iluminância.

Gráfico 3.22 – Relação entre os percentuais de abertura de copa e iluminância sob a copa das espécies arbóreas estudadas

Fonte: Elaborado pela autora

3.4 Simulação da luz natural

Para validar os resultados e verificar em que medida os modelos geométricos virtuais de árvores são representantes adequados das árvores reais quanto ao nível de iluminância, realizou-se simulações no Daysim e depois comparou-se com as medições reais *in loco*. Três diferentes configurações de modelos geométricos virtuais foram simulados, obtendo-se para cada modelo três conjuntos de dados, referentes às condições de céu claro, parcialmente encoberto e encoberto.

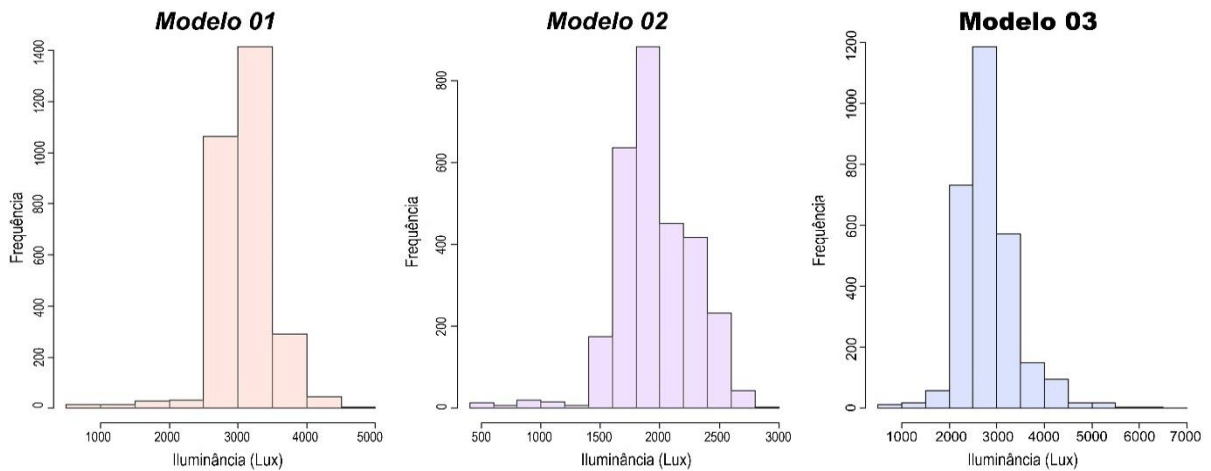
No Apêndice C, estão apresentados em forma de tabela os dados de iluminância dos modelos 01, 02 e 03 simulados. Nos gráficos do Apêndice D, observa-se, por tipo de céu, o comportamento comparativo da mediana das orientações. Em todas as árvores, exceto a mangueira, e para todas as condições de céu, nota-se que o modelo 03 (frestas) registrou os maiores níveis de iluminância em todos os horários simulados. Nos modelos que representam a mangueira, os maiores níveis atingidos de iluminância foi no modelo 1 (persianas).

Nota-se ainda que, em geral, o comportamento da iluminância entre os modelos se manteve constante ao longo do tempo, ou seja, os modelos assemelham-se no comportamento, no entanto com níveis de iluminância diferenciados.

Nos gráficos 3.23 a 3.26 apresentam-se as distribuições das frequências da iluminância para os modelos 01, 02 e 03 de cada tipo arbóreo. Os três conjuntos de dados, referentes às condições de céu, foram agrupados formando um único conjunto que representa um modelo. Com estes histogramas percebe-se que os dados sugerem que não se trata de uma distribuição normal. A fim de confirmar este fato, foi realizado o teste de normalidade Shapiro Wilk com nível de significância igual a 95%. Verificou-se que, em todos casos, foi rejeitada a hipótese de que se trata de populações com distribuição normal.

Observa-se no gráfico 3.23 a frequência da iluminância para os modelos que representam a mangueira. No modelo 01 a maior frequência ocorreu entre 2500 e 3500 lux; no modelo 02, entre 1750 e 2000 lux; e no modelo 03, entre 2500 e 3000 lux, este modelo foi o que apresentou menor dispersão dos dados e também os níveis mais elevados de iluminância.

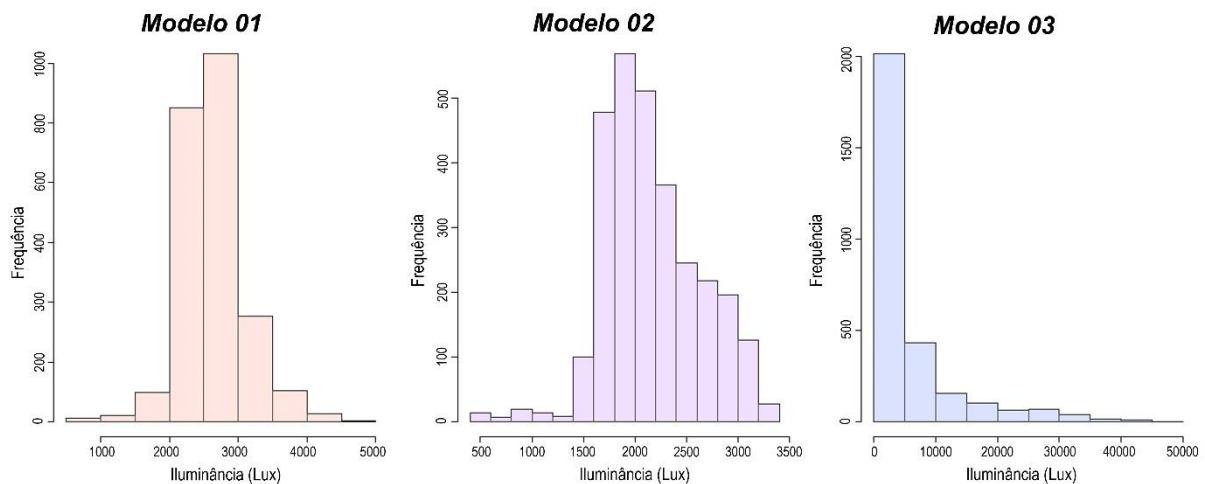
Gráfico 3.23 – Frequência de ocorrência da iluminância para os modelos geométricos que representam a espécie mangueira



Fonte: Elaborado pela autora

As distribuições das frequências da iluminância nos modelos que representam o pau-brasil podem ser observadas nos histogramas do gráfico 3.24. No modelo 01, a maior frequência ocorreu entre 2000 e 3000 lux; no modelo 02, ocorreu entre 1800 e 2400 lux e no modelo 03, entre 0 e 5000 lux. Para esta árvore, o modelo 03 também apresentou a menor dispersão dos dados em relação aos demais modelos, bem como os maiores níveis de iluminância atingidos.

Gráfico 3.24 – Frequência de ocorrência da iluminância para os modelos geométricos que representam a espécie pau-brasil.

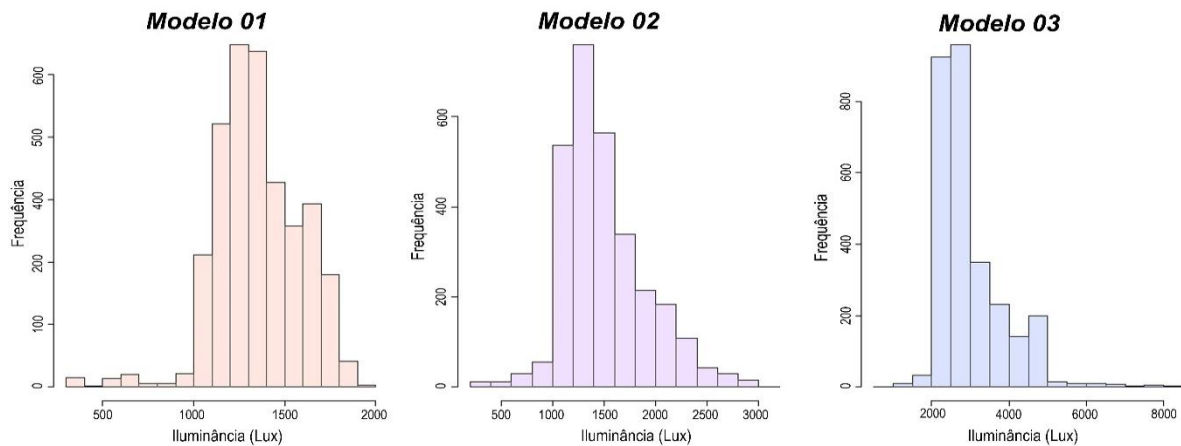


Fonte: Elaborado pela autora

As frequências ocorridas nos modelos que representam a pitombeira estão descritas no gráfico 3.25. No modelo 01, a maior frequência ocorreu entre 1200 e 1400 lux; no modelo 02, da mesma forma que no modelo 01, a maior frequência ocorreu entre 1200 e 1400 lux, porém com maior dispersão; e, no modelo 03, as ocorrências mais frequentes da iluminância

foi entre 2000 e 2500 lux. Este modelo apresentou os maiores níveis de iluminância atingidos, bem como a menor dispersão dos dados.

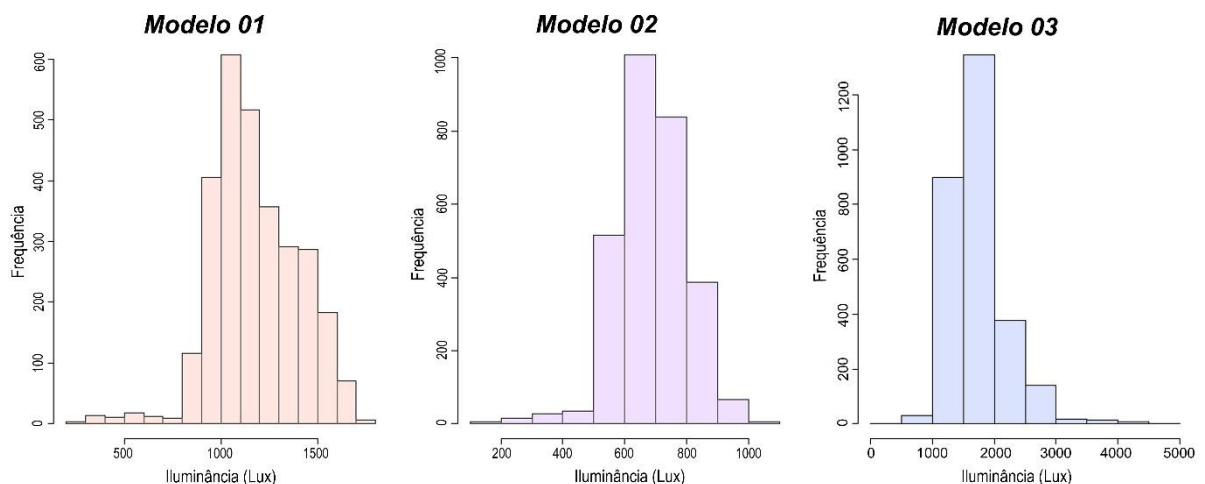
Gráfico 3.25 – Frequência de ocorrência da iluminância para os modelos geométricos que representam a espécie pitombeira



Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico 3.26 demonstra as frequências dos modelos que representam a carolina. Nota-se que, no modelo 01 a maior frequência foi entre 1000 e 1200 lux; no modelo 02, as iluminâncias mais frequentes ficaram entre 600 e 800 lux, sendo o modelo que registrou os menores níveis de iluminância; e, no modelo 03, a maior frequência ocorreu entre 1500 e 2000 lux. Como nas demais árvores, o modelo 03 foi o que registrou as menores dispersões dos dados.

Gráfico 3.26 – Frequência de ocorrência da iluminância para os modelos geométricos que representam a espécie carolina



Fonte: Elaborado pela autora

Assim, observa-se na tabela síntese 3.12 que no modelo 03, para todos os tipos arbóreos, exceto a mangueira, os níveis de iluminância mais frequentes foram os mais elevados em relação aos demais modelos. Destaca-se ainda, que no modelo 02 as maiores

freqüências ocorreram para os níveis de iluminância mais baixos, em relação aos modelos 01 e 03. Foi também o modelo que apresentou as menores dispersões.

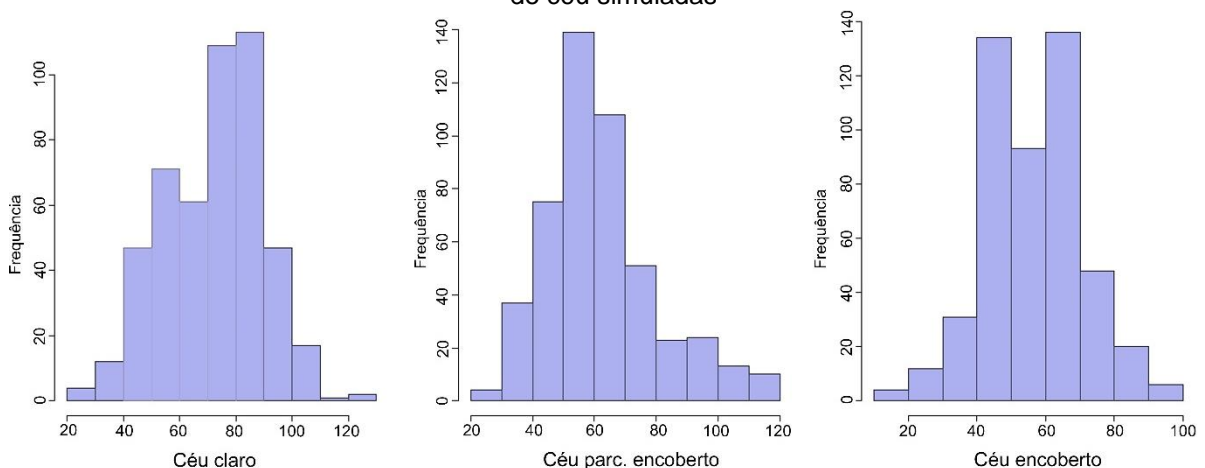
Tabela 3.12 – Níveis de iluminância mais frequentes ocorridos sob os modelos 1, 2 e 3.

	Mangueira	Pau-brasil	Pitombeira	Carolina
Modelo 1	2500 e 3500 lux	2000 e 3000 lux	1200 e 1400 lux	1000 e 1200 lux
Modelo 2	1750 e 2000 lux	1800 e 2400 lux	1200 e 1400 lux	600 e 800 lux,
Modelo 3	2500 e 3000 lux	0 e 5000 lux	2000 e 2500 lux	1500 e 2000 lux

Fonte: Elaborado pela autora.

As simulações também ocorreram para a condição de céu desobstruído pelo entorno (sensor externo), da mesma forma que na medição *in loco*. O comportamento da iluminância nesta condição pode ser visualizado no gráfico 3.27. Os dados estão agrupados por condição de céu, considerando os quatro dias de simulação, referentes a cada árvore. Através do teste de normalidade Shapiro Wilk, verificou-se que estes conjuntos de dados não apresentam distribuição normal.

Gráfico 3.27 – Frequência de ocorrência da iluminância em entorno desobstruído para as condições de céu simuladas



Fonte: Elaborado pela autora

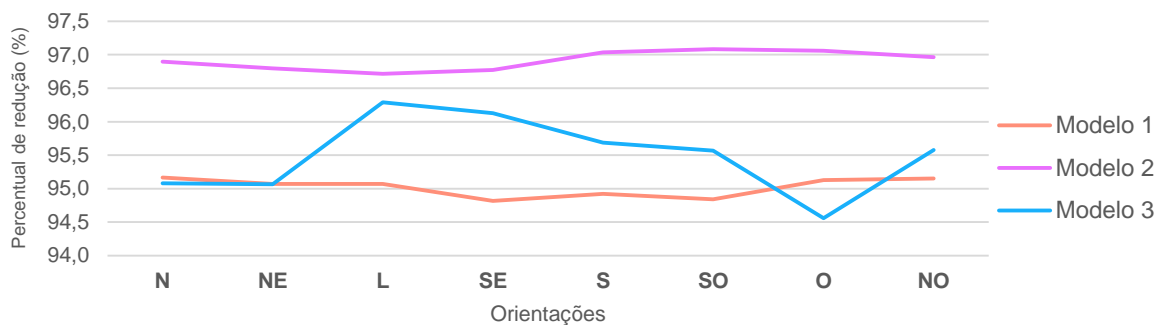
Observa-se que, para a condição de céu claro, a maior frequência ocorreu entre 70 e 90 Klux. Na condição de céu parcialmente encoberto, a maior frequência foi entre 50 e 60 Klux. E, considerando o céu encoberto, as iluminâncias mais frequentes foram entre os intervalos 40 e 50 Klux e 60 e 70 Klux. Esta condição de céu também apresentou a menor dispersão dos dados, atingindo iluminância máxima de até 100 Klux.

A fim de determinar o comportamento da iluminância sob cada modelo em relação à iluminância simulada no sensor externo (entorno desobstruído), calculou-se os percentuais de redução, obtidos através das medianas de cada sensor sob as copas. Para cada modelo obteve-se a mediana correspondente a cada orientação. No sensor externo, obteve-se a mediana correspondente ao conjunto de dados formado por todas as condições de céu. Os

resultados podem ser visualizados nos gráficos 3.28 a 3.31, correspondentes a cada tipo arbóreo.

Considerando os modelos correspondentes à copa da mangueira, verifica-se que os percentuais de redução da iluminância estão entre 94,5% e 97,0%. O modelo 02 apresentou a maior redução na iluminância, aproximadamente 97,0%. Já o modelo 01, obteve a menor redução, em torno de 95,0%. O modelo 03 gerou as maiores variações de redução entre as orientações, apresentando reduções que vão desde 94,5% à aproximadamente 96,0%.

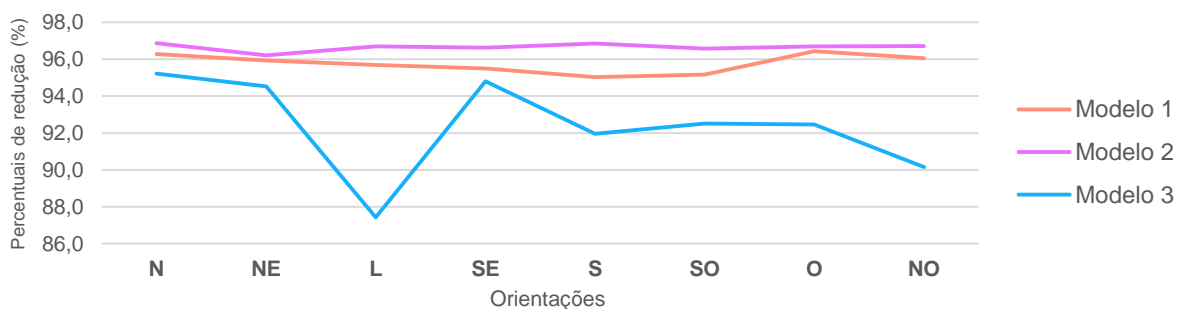
Gráfico 3.28 – Percentuais de redução da iluminância sob os modelos que representam a copa da mangueira



Fonte: Elaborado pela autora

Para os modelos que representam o pau-brasil, percebe-se que o modelo 02 apresentou as maiores reduções, em torno de 97%. O modelo 01 apresentou reduções de aproximadamente 96%. E, o modelo 03 atingiu os menores percentuais de redução, no entanto apresentou as maiores inconstâncias entre as orientações, variando entre 88% e 95% de redução da iluminância.

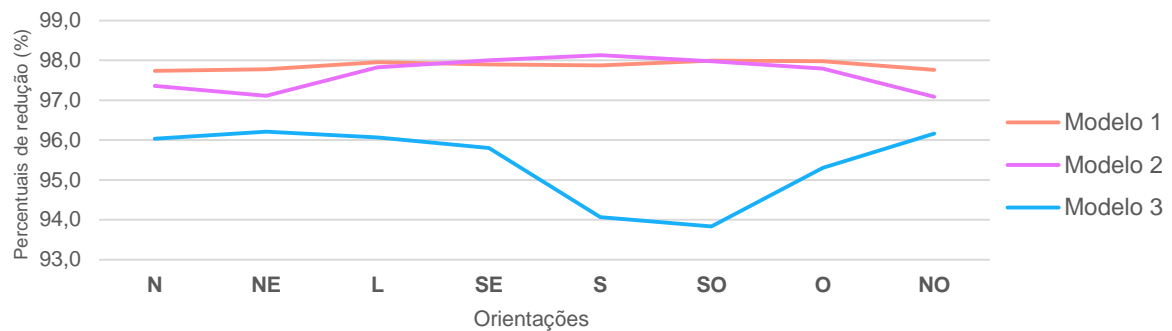
Gráfico 3.29 – Percentuais de redução da iluminância sob os modelos que representam a copa do pau-brasil



Fonte: Elaborado pela autora.

Para os modelos da pitombeira, nota-se que os modelos 01 e 02 apresentaram percentuais de redução semelhantes, entre 97,0% e 98,0%. O modelo 03 apresentou as menores reduções, variando entre aproximadamente 94,0% e 96,0%.

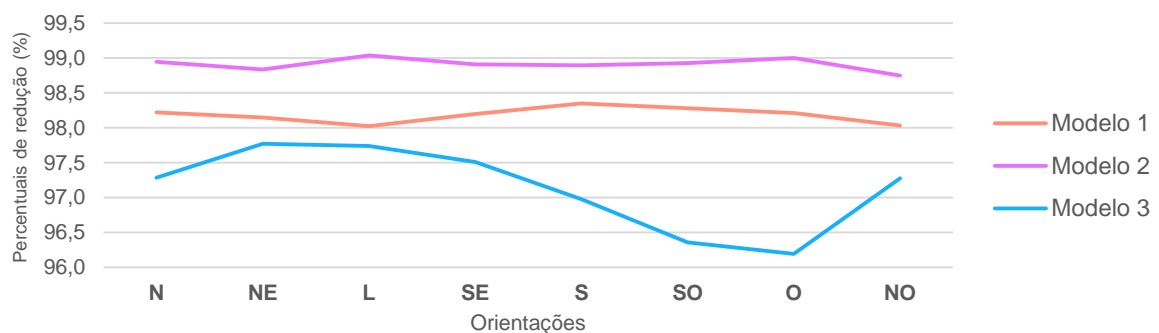
Gráfico 3.30 – Percentuais de redução da iluminância sob os modelos que representam a copa da nitombaira



Fonte: Elaborado pela autora

Levando em consideração os modelos que representam a carolina, da mesma forma que nos modelos das demais árvores, o modelo 02 apresentou as maiores reduções, em torno de 99,0%. O modelo 01 ficou entre 98,0% e 98,5% de redução. E, o modelo 03, obteve as menores reduções, bem como maior variação, entre 96,0% e 98,0%.

Gráfico 3.31 – Percentuais de redução da iluminância sob os modelos que representam a copa da carolina



Fonte: Elaborado pela autora.

Observa-se que para todas as espécies arbóreas, o modelo 02 mostrou-se ser o que mais obstrui a luz, seguido do modelo 01, ambos apresentaram distribuições mais constantes nas reduções entre as orientações. Isto deve-se à configuração geométrica dos modelos, pois são mais homogêneos em relação ao modelo 03. A pouca variação da iluminância ocorrida entre as orientações dos modelos 01 e 02 pode estar associada à reflexão do entorno e à posição solar.

O modelo 03 tem comportamento semelhante em todos os tipos arbóreos, apresentando inconstâncias nas reduções da iluminância entre as orientações. Atribui-se isto à configuração do modelo, no qual cada região (setor) assumiu uma abertura diferenciada.

3.5 Análise comparativa entre iluminância medida e simulada

Para validar os resultados e verificar em que medida os modelos geométricos virtuais são representantes adequados das árvores reais, é apresentada nesta etapa a análise comparativa entre os dados de iluminância medidos *in loco* sob a copa das espécies arbóreas estudadas e a iluminância obtida com os modelos geométricos virtuais simulados.

O conjunto de dados de medição *in loco*, como também os conjuntos de dados correspondentes a cada modelo simulado foram agrupados em função da orientação, de forma que as variáveis horário e condição de céu não foram consideradas. Com o agrupamento dos dados de cada condição de céu em um único conjunto, estima-se neste estudo, que se torna possível obter uma visão geral do comportamento da iluminância ao longo do ano.

Para os três modelos geométricos, correspondentes a cada indivíduo arbóreo, foi verificada a correlação existente entre a amostra da iluminância medida e a amostra da iluminância simulada. Obteve-se o nível de relacionamento entre os conjuntos de dados através do coeficiente de correlação de postos de *Spearman* (não paramétrico), visto que se trata de amostras que não possuem distribuição normal, conforme verificado anteriormente. Foi verificado através de teste de hipóteses a significância dos coeficientes de correlação encontrados. Adotou-se nível de significância de 0,05. Em todos os casos constatou-se correlações fracas com altos níveis de significância (Tabela 3.13).

Tabela 3.13 – Resultados da correlação de *Spearman* e do teste de significância

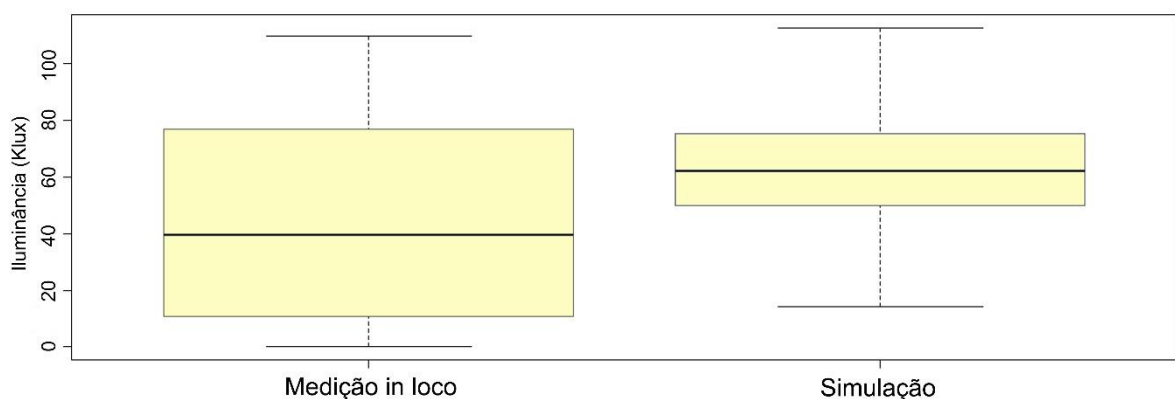
	MANGUEIRA		PAU BRASIL	
	Coeficiente de Correlação	Nível de significância Valor P	Coeficiente de Correlação	Nível de significância Valor P
M01 x In loco	-0.1727752	2.2 ⁻¹⁶	-0.1018154	7.497 ⁻⁰⁷
M02 x In loco	-0.3962098	2.2 ⁻¹⁶	-0.3705026	2.2 ⁻¹⁶
M03 x In loco	-0.0462095	0.02603	0.2334724	2.2 ⁻¹⁶
	PITOMBEIRA		CAROLINA	
	Coeficiente de Correlação	Nível de significância Valor P	Coeficiente de Correlação	Nível de significância Valor P
M01 x In loco	-0.3465517	2.2 ⁻¹⁶	-0.058	0.00968
M02 x In loco	-0.1656814	1.207 ⁻¹⁵	-0.083	0.00059
M03 x In loco	0.3503356	2.2 ⁻¹⁶	0.195	2.2 ⁻¹⁶

Fonte: Elaborado pela autora

.No gráfico 3.32 e na tabela 3.14 são apresentados, para o sensor externo, a dispersão da iluminância medida *in loco* e simulada, na condição de céu desobstruído pelo entorno. Observa-se que há diferença significativa entre a mediana da medição e da simulação,

aproximadamente 22 mil lux, o que corresponde a uma variação relativa de 35,4%. Além disso, os dados de medição *in loco* são mais dispersos, onde a diferença entre quartis é de 66 mil lux. Enquanto que os dados da simulação apresentam maior homogeneidade, a diferença entre quartis é de 25 mil lux. Levando em consideração a variação relativa de 50% das amostras (entre quartis), percebe-se que a redução da variação da iluminância da simulação em relação a medição é de 62,1%. Diante destes resultados, ressalta-se que as diferenças entre resultados de medições e simulações são esperadas, devido às simplificações dos fenômenos luminosos ocorridos na prática da simulação.

Gráfico 3.32 – Níveis de dispersão para os dados medidos *in loco* e simulados na condição de céu desobstruído pelo entorno



Fonte: Elaborado pela autora

Tabela 3.14 – Níveis de dispersão para o sensor externo da simulação e da medição *in loco*

ILUMINÂNCIA (Klux)		
	Medição <i>in loco</i>	Simulação
Mínimo	5,8	14,1
1º quartil	10,8	50,1
Mediana	39,6	62,1
Média	44,6	63,5
3º quartil	76,8	75,3
Máxima	109,9	122,8

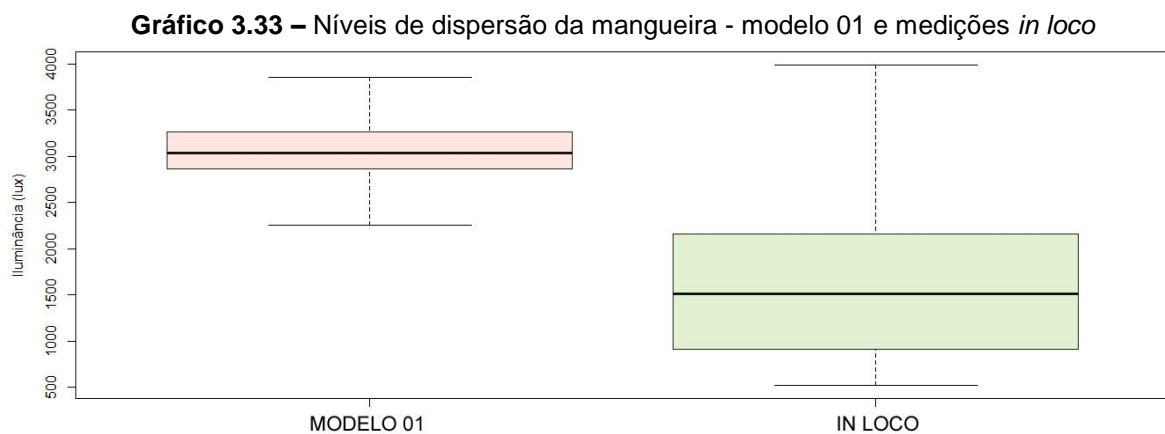
Fonte: Elaborado pela autora

A análise comparativa para cada modelo geométrico virtual está descrita nos itens que seguem. É conveniente destacar que, os conjuntos de dados de medição *in loco* sob a copa das árvores apresentam picos de iluminância em certos horários que os tornam bastante discrepantes em relação a maioria dos valores, assim optou-se por eliminar os dados espúrios das amostras, correspondentes à 20%, a fim de obter melhor ajuste entre os dados medidos e simulados. Assim, a análise comparativa foi realizada com 80% da amostra total de cada conjunto de dados. Ressalta-se que, os registros destes dados discrepantes ocorreram em momentos em que houve incidência direta da luz do sol sobre o sensor, causada por frestas, e/ou movimento das folhas.

3.5.1 Modelo 01

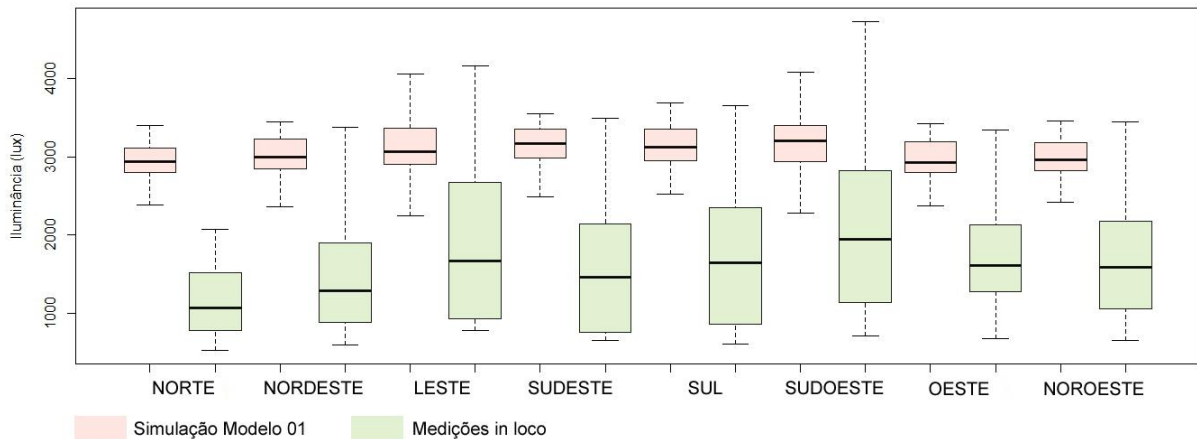
O comportamento comparativo do modelo 01 (composto por superfícies inclinadas - persianas) para as quatro espécies arbóreas está apresentado nos gráficos 3.33 a 3.40. No gráfico 3.33, observa-se o desempenho do modelo que representa a mangueira em relação às medições *in loco*. Os níveis de dispersão do modelo apresentam-se mais elevados que as medições, a diferença entre as medianas é de aproximadamente 1500 lux, que corresponde a uma variação relativa de exatamente 100%.

A variação absoluta de 50% da amostra (diferença entre quartis) para a medição *in loco* é de 1245,8 lux e, considerando a simulação, essa variação é de 404 lux. Assim, o modelo apresentou redução na variação da iluminância de 67,5%. A diferença entre as iluminâncias máximas registradas entre os conjuntos de dados é relativamente baixa, cerca de 252 lux. No entanto, os registros mínimos de iluminância estão mais distantes, com diferença de aproximadamente 1727 lux.



Fonte: Elaborado pela autora

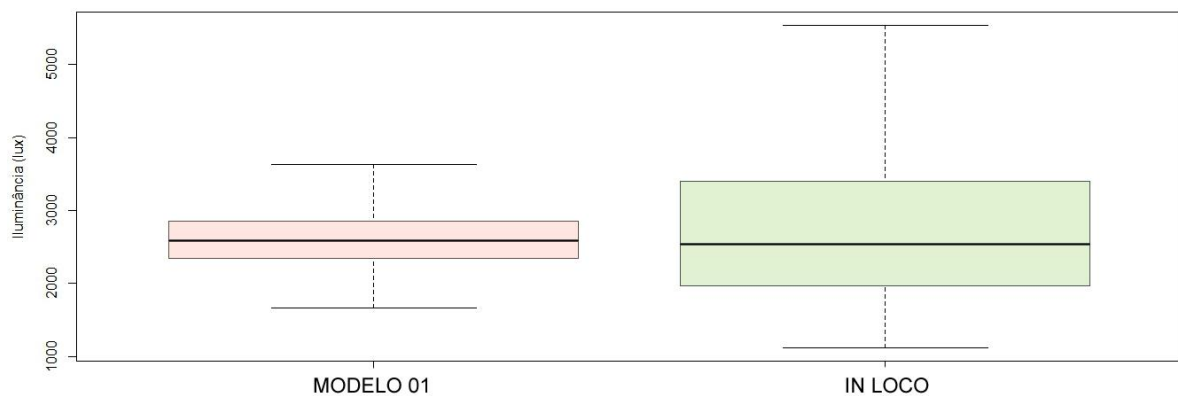
Observa-se comportamento semelhante ao do gráfico anterior, comparando cada orientação separadamente (Gráfico 3.34). Em todas as orientações, a iluminância simulada é mais homogênea, com pouca variação, em relação aos dados de medição. As variações mais expressivas ocorreram nas orientações leste e sudoeste, onde foi registrado as iluminâncias máximas tanto na simulação, quanto na medição. Atribui-se a este fato a influência do entorno como também a posição solar nos horários de medição.

Gráfico 3.34 – Níveis de dispersão por orientação - mangueira - modelo 01 e medições *in loco*

Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico 3.35 abaixo, apresenta o comportamento do modelo 01 que corresponde ao pau-brasil. Diferente do modelo anterior, que representa a mangueira, os níveis de dispersão desse modelo são mais baixos em relação às medições *in loco*. A diferença entre as medianas é de apenas 53 lux, equivalente a 2,1% de variação relativa.

A diferença entre quartis (variação absoluta) da medição é de 1429 lux, já para a simulação essa diferença é de 517 lux, com isso o modelo apresentou redução na variação da iluminância de 63,8%. Quanto às iluminâncias máximas, observou-se que a diferença é de cerca de 2000 lux entre os conjuntos de dados.

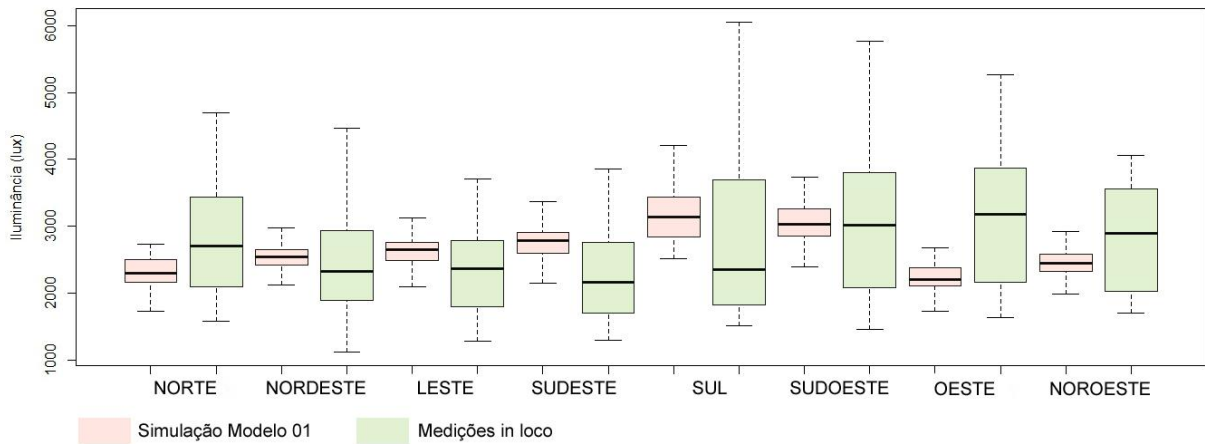
Gráfico 3.35 – Níveis de dispersão do pau-brasil - modelo 01 e medições *in loco*

Fonte: Elaborado pela autora

Comparando o comportamento por orientação do modelo que representa o pau-brasil (Gráfico 3.36), nota-se que a variabilidade das iluminâncias simuladas foi relativamente baixa. Porém, ocorreu maior oscilação entre as orientações da mesma forma que na medição *in loco*. Ressaltando-se que o pau-brasil tomado para este estudo é uma árvore de pequeno porte, sendo assim, verificou-se que as dimensões da copa estão diretamente relacionadas

ao comportamento da iluminância sob ela, pois quanto menor estas dimensões, maior é a influência do entorno.

Gráfico 3.36 – Níveis de dispersão por orientação - pau-brasil - modelo 01 e medições *in loco*

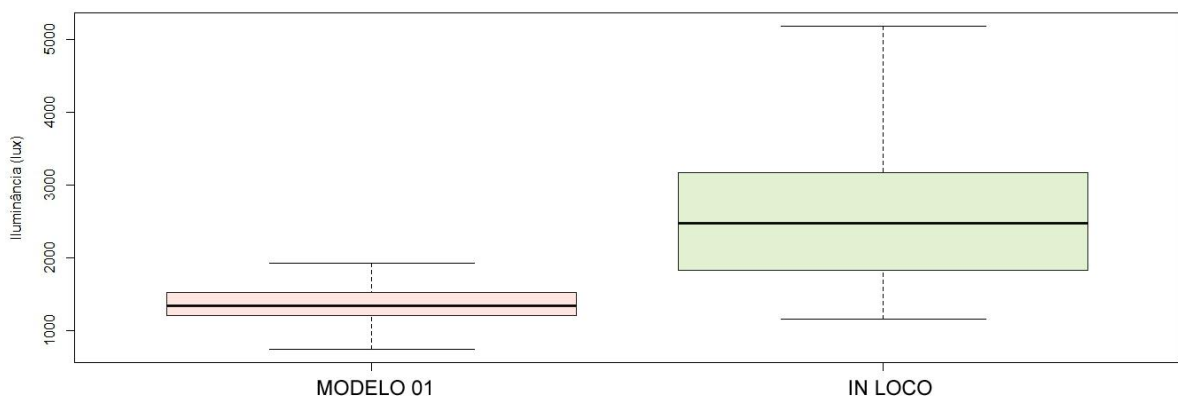


Fonte: Elaborado pela autora

Os níveis de dispersão do modelo 01 que representa a pitombeira e das medições *in loco* estão apresentados no gráfico 3.37. O modelo revelou níveis mais baixos de dispersão em relação às medições. A mediana do conjunto de dados de medição apresentou 1135 lux acima da mediana da simulação, que corresponde à 84,3% de variação relativa.

A diferença entre quartis das iluminâncias dos dados de medição é de 1344 lux, já a diferença para os dados de simulação é de 317 lux, deste modo, a redução da variação da simulação em relação à medição correspondeu a 76,4%. Observa-se ainda que, a diferença entre as máximas iluminâncias atingidas dos conjuntos dos dados é consideravelmente alta, cerca de 3000 lux. Porém, as iluminâncias mínimas apresentam diferença de pouca menos de 500 lux.

Gráfico 3.37 – Níveis de dispersão do pitombeira - modelo 01 e medições *in loco*

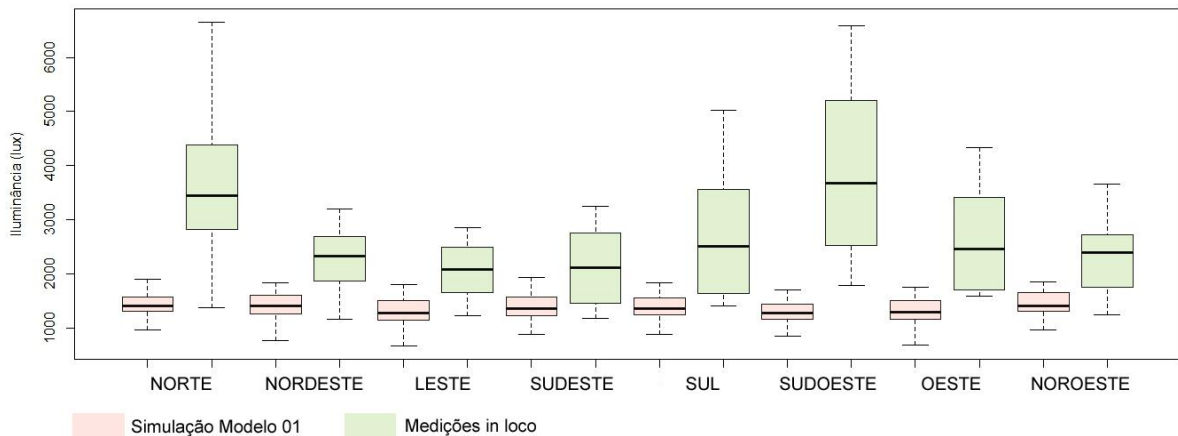


Fonte: Elaborado pela autora

O comportamento é semelhante quando considera-se cada orientação separadamente (Gráfico 3.38). Observa-se que neste caso o entorno não teve influencia

significativa no comportamento da iluminância sob a copa, já que na simulação as oscilações foram mínimas entre as orientações. Situação diferente ocorreu com os dados de medição, onde as oscilações entre orientações foram expressivas. Neste sentido, constata-se que a maior influência no desempenho da iluminância está relacionada à heterogeneidade da copa, que apresenta vazios inconsistentes somada às reflexões das superfícies do entorno.

Gráfico 3.38 – Níveis de dispersão por orientação - pitombeira - modelo 01 e medições *in loco*

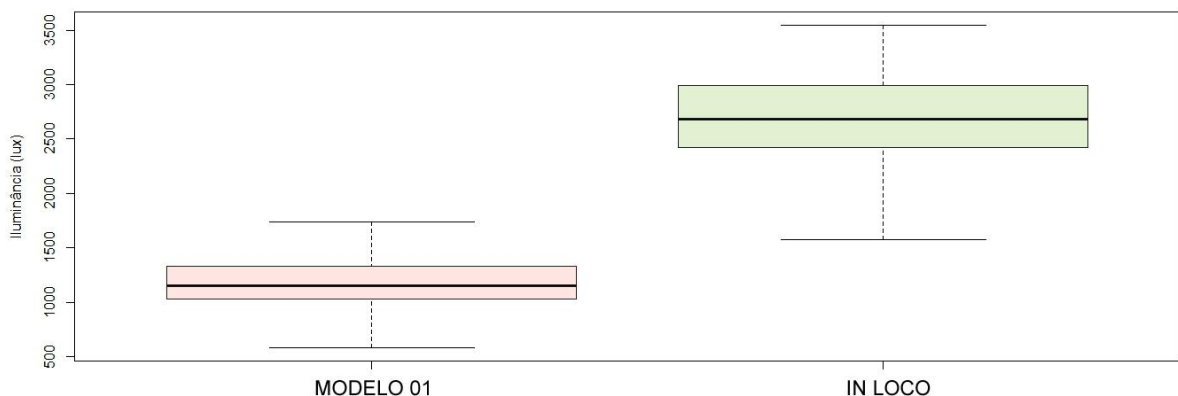


Fonte: Elaborado pela autora

No gráfico 3.39, apresenta-se os níveis de dispersão comparativos entre o modelo 01, que representa a carolina e às medições *in loco*. Os dados de simulação do modelo apresentaram níveis de dispersão inferiores. A diferença entre as medianas é de 1528 lux, correspondendo a uma variação relativa de 132,6% abaixo da medição *in loco*.

A variação absoluta da iluminância para 50% dos dados (diferença entre quartis) do modelo é de 303 lux e, para a medição essa variação é de 567 lux. Assim, o modelo apresentou redução na variação da luz de 46,6%. Quanto às iluminâncias máximas e mínimas atingidas, as diferenças são, respectivamente 1750 lux e 1000 lux.

Gráfico 3.39 – Níveis de dispersão do carolina - modelo 01 e medições *in loco*

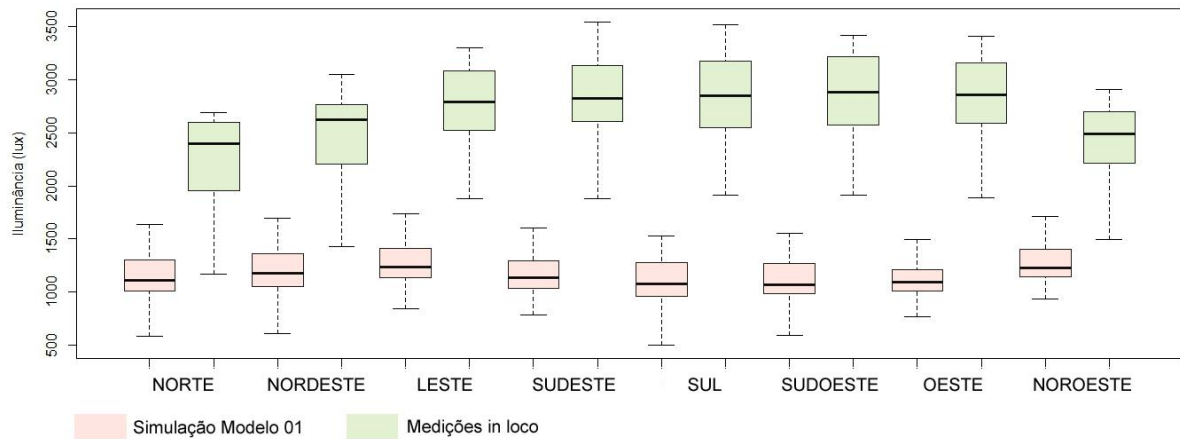


Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico 3.40 expressa os dados comparativos da carolina considerando as orientações. Ressalta-se que a carolina é uma árvore de grande porte e copa relativamente

homogênea. Neste sentido, constata-se que tanto a medição quanto a simulação apresentaram certa constância na variabilidade dos dados ao longo das orientações, no entanto, a sutil oscilação entre as orientações pode estar relacionada à presença de outras árvores no entorno, as quais não foram consideradas na simulação.

Gráfico 3.40 – Níveis de dispersão por orientação - carolina - modelo 01 e medições *in loco*



Fonte: Elaborado pela autora

A tabela 3.15 mostra de forma sintetizada os níveis de dispersão da iluminância correspondentes à simulação computacional do modelo 01 e à medição *in loco* para cada espécie arbórea.

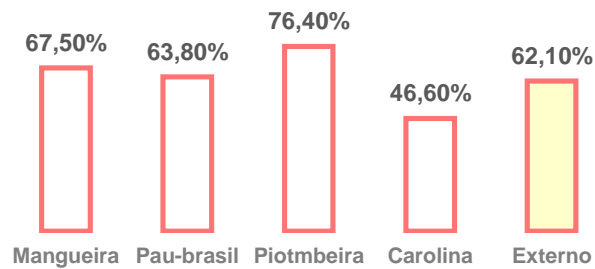
Tabela 3.15 – Níveis de dispersão da simulação do modelo 01 e medições *in loco* para cada espécie arbórea

	MANGUEIRA		PAU-BRASIL		PITOMBEIRA		CAROLINA	
	Simulação	In loco	Simulação	In loco	Simulação	In loco	Simulação	In loco
Mínimo	882	523	749	1118	338	1156	283	229
1º quartil	2864	910	2343	1971	1214	1826	1030	2424
Mediana	3036	1518	2592	2539	1347	2482	1152	2680
Media	3032	1645	2621	2739	1363	2720	1178	2659
3º quartil	3268	2156	2860	3400	1531	3170	1333	2991
Máximo	4477	4729	4579	6054	1933	7999	1739	3547

Fonte: Elaborado pela autora

De forma geral, os percentuais de redução da variação da iluminância simulada em relação a iluminância medida, são mostrados no gráfico 3.41. O modelo que representa a pitombeira apresentou o maior percentual de redução da variação, possuindo iluminâncias mais homogêneas em relação às medidas *in loco*. Por outro lado, o modelo da carolina tem o menor percentual de redução da variação, portanto é o que possui maior semelhança, quanto a variação, com as medições reais. Os modelos da mangueira e do pau-brasil, em termos de redução da variação, foram os que mais se aproximaram dos dados de sensor externo.

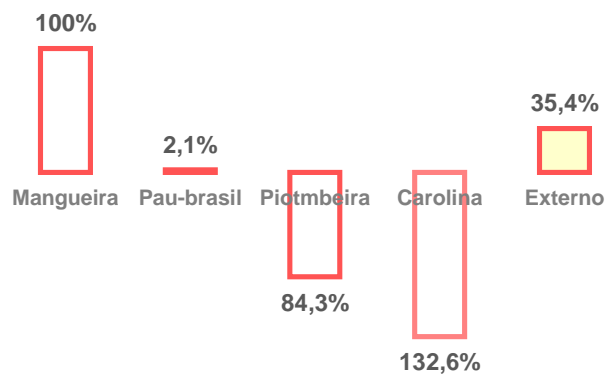
Gráfico 3.41 – Percentuais de redução da variação para o modelo 01 de cada espécie arbórea e o sensor externo



Fonte: Elaborado pela autora

No gráfico 3.42 constam os percentuais de variação relativa da mediana da iluminância. Estes percentuais são expressos em relação aos dados de medição *in loco*. A posição da barra para cima ou para baixo indica que a mediana da simulação está acima ou abaixo da mediana das medições. Assim, percebe-se que os dados dos modelos da mangueira, do pau-brasil e do sensor externo apresentam medianas acima da mediana das medições *in loco*. Já na pitombeira e na carolina, as medianas encontram-se abaixo da medição de referência. Deste modo, nota-se que o comportamento do pau-brasil foi o que mais se aproximou, em termos de variação relativa da mediana, do comportamento dos dados externos.

Gráfico 3.42 – Percentuais de variação relativa das medianas dos dados de simulação em relação às medianas dos dados de medição



Fonte: Elaborado pela autora

Percebe-se que as iluminâncias encontradas com as simulações dos modelos 01 são mais homogêneas, apresentando menor variação que as iluminâncias medidas *in loco*. No entanto, ocorre que a mangueira e o pau-brasil apresentam comportamento semelhante ao do sensor externo (sensor ao sol com entorno desobstruído), onde grande parte das iluminâncias simuladas encontram-se acima da mediana do conjunto de dados de medição *in loco*. Situação inversa ocorre com a pitombeira e carolina, onde as iluminâncias simuladas estão abaixo da mediana do conjunto de dados de medição.

Sabendo que os conjuntos de dados de medição e simulação analisados neste item 3.2.1 não possuem distribuição normal, verificada através do teste de normalidade *Shapiro Wilk*, foi realizado o teste de hipóteses *Wilcoxon Rank* (não paramétrico) para comparar o comportamento dos dados a fim de determinar a diferença entre o modelo 01 representante de cada árvore e as respectivas copas reais (tabela 3.16).

Tabela 3.16 – Resultado do teste de hipóteses – modelo 01

MODELO 01 x MEDIÇÕES IN LOCO					
M 01 x in loco	Teste de Hipóteses - Wilcoxon				
	ED	LS	LI	VALOR P	CONCLUSÃO
Mangueira	1519,1	1479,5	1558,8	2,2 ⁻¹⁶	Rejeita H ₀
Pau-brasil	42,49	88,29	-4,49	0,076	Não Rejeita H ₀
Pitombeira	-1115	-1074,9	-1154,6	2,2 ⁻¹⁶	Rejeita H ₀
Carolina	-1514,4	-1494,9	-1533,7	2,2 ⁻¹⁶	Rejeita H ₀

ED – Estimativa da diferença
 LS – Limite superior
 LI – Limite inferior

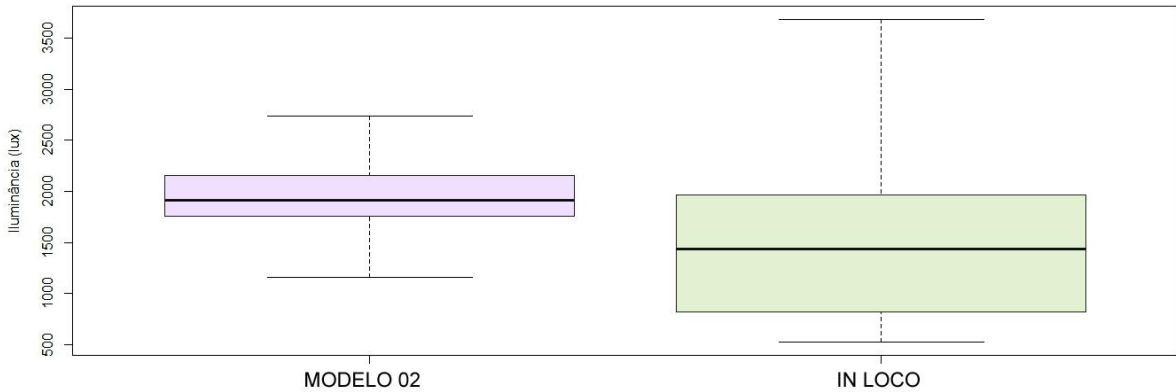
Fonte: Elaborado pela autora

Conforme o resultado do teste de hipóteses, ao avaliar o comportamento das variações das iluminâncias entre as amostras pareadas, foi observado diferenças significativas em quase todos casos analisados. Contudo, pode-se afirmar que apenas o modelo que representa o pau-brasil possui possível similaridade com a árvore real, já que a hipótese nula não foi rejeitada.

3.5.2 Modelo 02

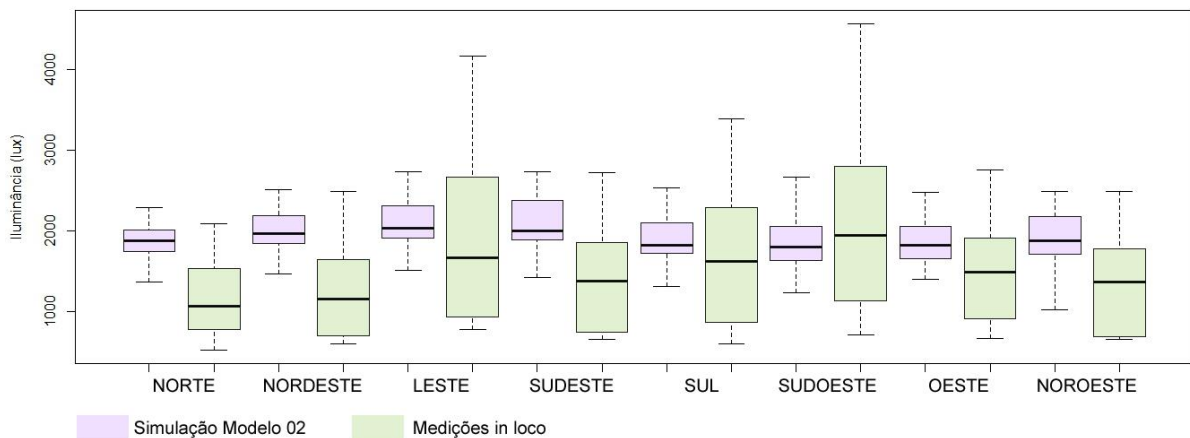
Pode-se observar nos gráficos 3.43 a 3.50 o comportamento comparativo do modelo 02 (superfície translúcida) para as quatro espécies arbóreas. No gráfico 3.43, observa-se o desempenho do modelo 02 que representa a mangueira em relação às medições *in loco*. Os níveis de dispersão do modelo, exceto a iluminância máxima atingida, apresentam-se mais elevados que as medições, a diferença entre as medianas é de 472 lux, correspondente a variação relativa de 32,8%.

Considerando a variação absoluta, 50% da amostra (diferença entre quartis) para a medição *in loco*, tem variação de 1151 lux e, para a simulação, essa variação é de 402 lux. Assim, o modelo apresentou redução na variação da iluminância de 65,1%. A diferença entre as iluminâncias máximas registradas entre os conjuntos de dados, é razoavelmente alta, aproximadamente 1000 lux. Entretanto, a diferença entre os registros mínimos de iluminância é menos acentuada, cerca de 500 lux.

Gráfico 3.43 – Níveis de dispersão da mangueira - modelo 02 e medições *in loco*

Fonte: Elaborado pela autora

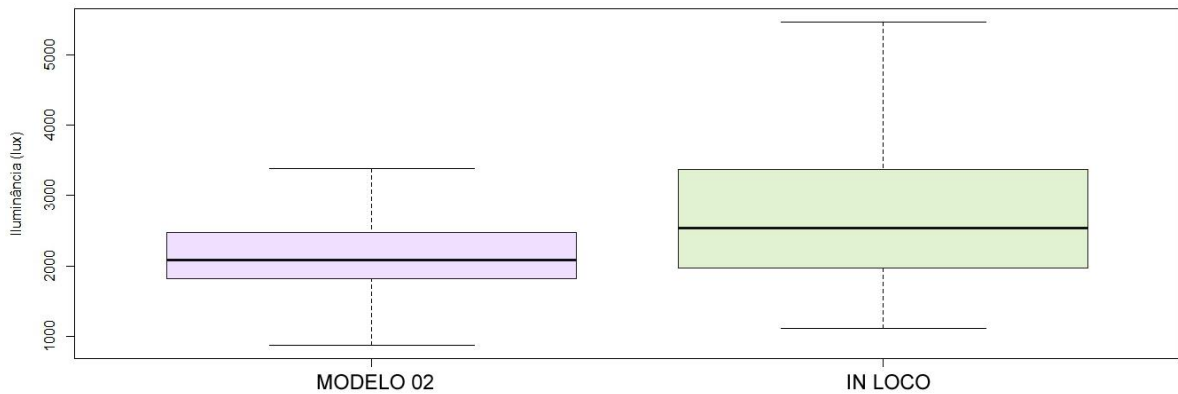
O gráfico 3.44 expressa, em função da orientação, o comportamento da simulação em relação a medição. Observa-se desempenho semelhante ao conjunto de todos os dados mostrado no gráfico 3.43 acima. Para todas as orientações, a homogeneidade das iluminâncias simuladas se manteve, apresentando pequenas oscilações no decorrer das orientações, atribuindo-se isto, a contribuição do entorno.

Gráfico 3.44 – Níveis de dispersão por orientação - mangueira - modelo 02 e medições *in loco*

Fonte: Elaborado pela autora

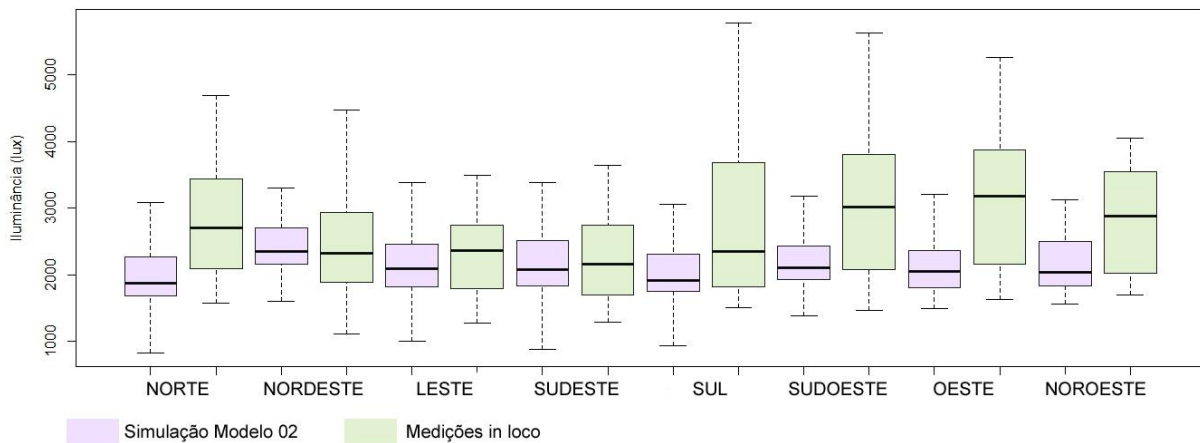
Considerando a árvore pau-brasil, o comportamento comparativo do modelo 01 pode ser visualizado no gráfico 3.45. Para esta árvore, os níveis de dispersão apresentaram-se pouco mais baixos em relação às medições *in loco*. A diferença entre as medianas é de 453 lux, que corresponde a uma variação relativa de 21,7%.

A diferença entre quartis (variação absoluta) da medição é de 1407 lux, já para a simulação essa diferença é de 648 lux, considerando isto, o modelo apresentou redução na variação da iluminância de 53,9%. Quanto às iluminâncias máximas registradas, observou-se que a diferença é de cerca de 2000 lux entre os conjuntos de dados.

Gráfico 3.45 – Níveis de dispersão do pau-brasil - modelo 02 e medições *in loco*

Fonte: Elaborado pela autora

Considerando o comportamento das orientações individualmente (Gráfico 3.46), percebe-se semelhança com a comparação com todo o grupo de dados do gráfico anterior. A amostra da simulação se manteve mais homogênea em relação a medição, com oscilações entre as orientações que é consequência da influência do entorno. Estas oscilações também se repetem com as medições *in loco*, porém com maior variabilidade da iluminação, acarretada pelas frestas entre as folhas da copa.

Gráfico 3.46 – Níveis de dispersão por orientação – pau-brasil - modelo 02 e medições *in loco*

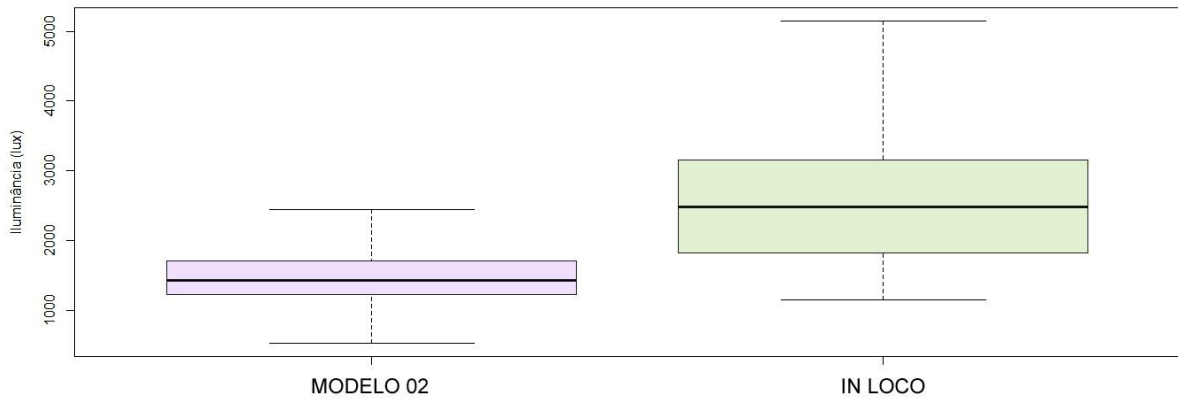
Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico 3.47 apresenta os níveis de dispersão do modelo 02 que representa a pitombeira e das medições *in loco*. Este modelo, *assim como nas demais árvores*, expressa níveis mais baixos de dispersão em relação às medições. A mediana do conjunto de dados de medição apresentou 1048 lux acima da mediana da simulação, esta diferença corresponde à 73,1% de variação relativa.

A diferença entre quartis das iluminâncias dos dados de medição é de 1333 lux, já a diferença para os dados de simulação é de 490 lux, logo a redução da variação corresponde

a 63,2%. Observa-se ainda que, a diferença entre as iluminâncias máximas atingidas é de aproximadamente 2600 lux. A diferença entre as mínimas é de cerca de 500 lux.

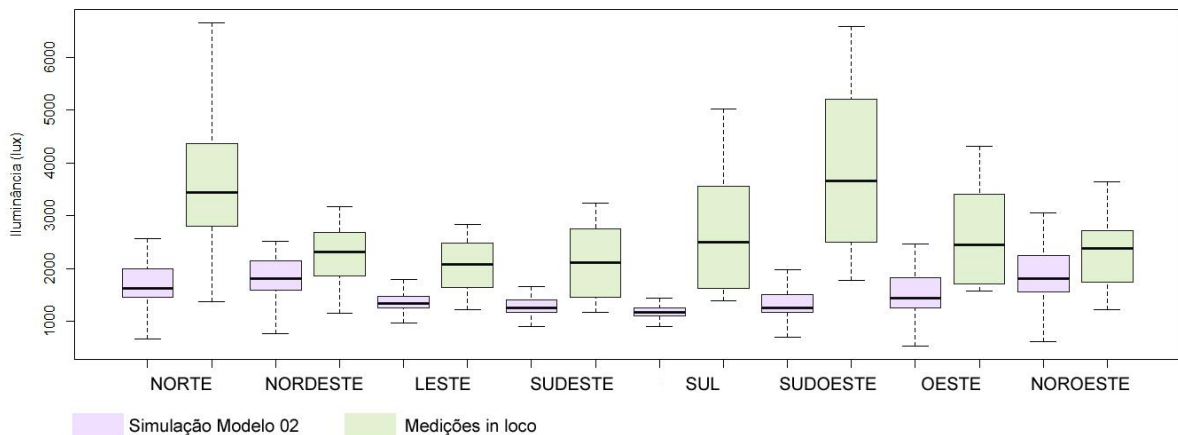
Gráfico 3.47 – Níveis de dispersão da pitombeira - modelo 02 e medições *in loco*



Fonte: Elaborado pela autora

O comportamento é semelhante ao considerar-se cada orientação separadamente (Gráfico 3.48). Observa-se neste caso que as oscilações ocorridas ao longo das orientações decorrem da influência do entorno, já que o modelo 02 se trata de uma superfície homogênea. As maiores variações, como também os níveis mais elevados de iluminância, registrados na simulação, foram nas orientações oeste, noroeste, norte e nordeste, ressalta-se que estas orientações são as que recebem maior influência do entorno e da geometria solar.

Gráfico 3.48 – Níveis de dispersão por orientação - pitombeira - modelo 02 e medições *in loco*

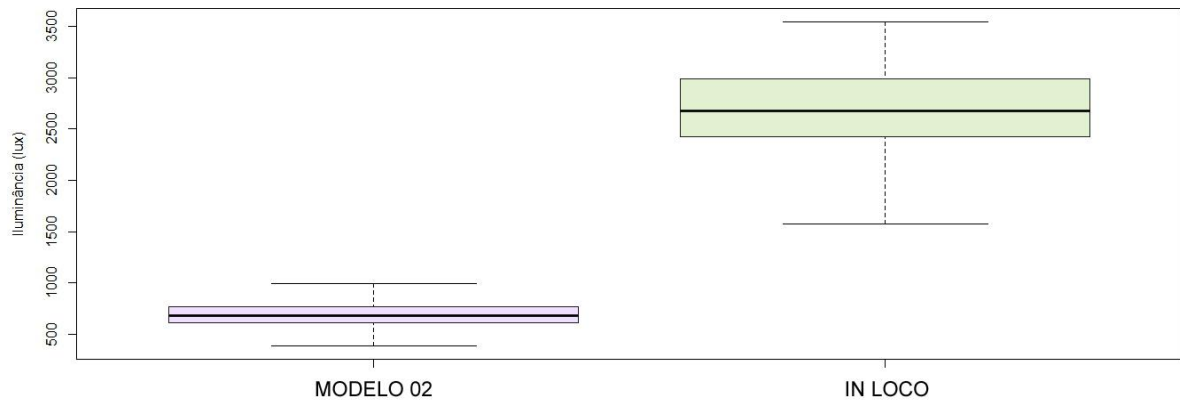


Fonte: Elaborado pela autora

No gráfico 3.49, apresenta-se os níveis comparativos de dispersão entre o modelo 02 que representa a carolina e as medições *in loco*. Os dados de simulação do modelo apresentou níveis de dispersão muito inferiores. A diferença entre as medianas é de 1997 lux, correspondendo à uma variação relativa de 293% abaixo da medição *in loco*.

A variação absoluta da iluminância para 50% da amostra (diferença entre quartis) da simulação é de 154 lux e, para a medição, essa variação é de 568 lux. Assim, o modelo apresentou redução na variação da luz de 72,9%. Quanto as iluminâncias máximas e mínimas atingidas, observa-se diferenças significativas, a diferença entre as máximas é de aproximadamente 2500 lux e, entre as mínimas é de cerca de 1000 lux.

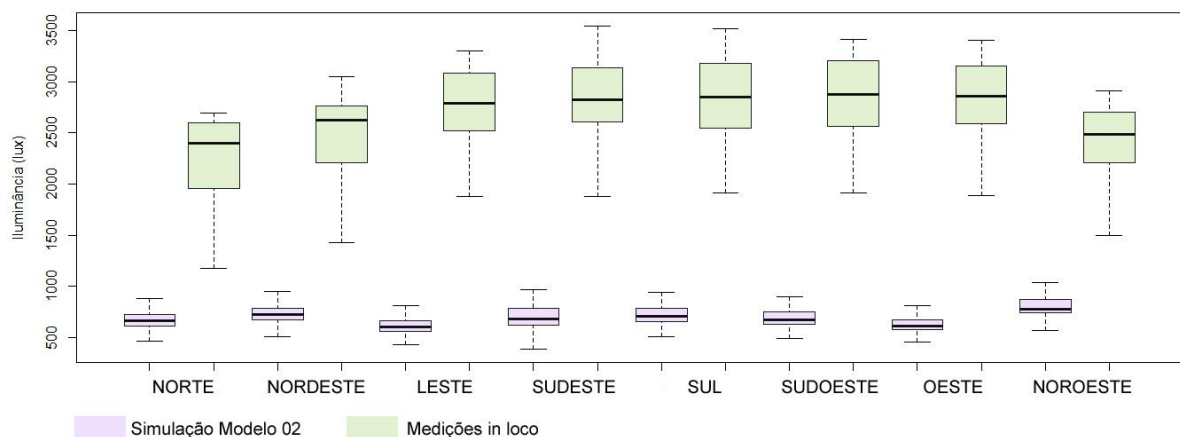
Gráfico 3.49 – Níveis de dispersão da carolina - modelo 02 e medições *in loco*



Fonte: Elaborado pela autora

Considerando o comportamento para cada orientação separadamente (Gráfico 3.50), observa-se que a homogeneidade dos dados de simulação se manteve ao longo das orientações, apresentando poucas oscilações, as quais podem estar relacionadas à contribuição do entorno e à posição solar.

Gráfico 3.50 – Níveis de dispersão por orientação - carolina - modelo 02 e medições *in loco*



Fonte: Elaborado pela autora

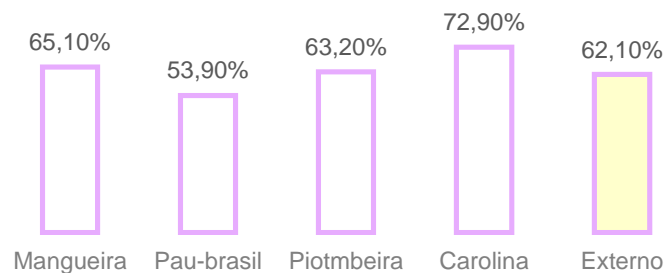
Apresenta-se na tabela 3.17 abaixo os níveis de dispersão da iluminância relacionados às medições *in loco* e às simulações computacionais do modelo 02, para cada espécie arbórea estudada.

Tabela 3.17 – Níveis de dispersão da simulação do modelo 02 e medições *in loco*

	MANGUEIRA		PAU-BRASIL		PITOMBEIRA		CAROLINA	
	Simulação	In loco	Simulação	In loco	Simulação	In loco	Simulação	In loco
Mínimo	491	523	499	1118	366	1156	172	229
1º quartil	1755	818	1824	1971	1227	1824	614	2422
Mediana	1910	1438	2086	2539	1434	2482	681	2678
Media	1941	1528	2162	2734	1510	2714	689	2658
3º quartil	2157	1969	2472	3378	1717	3157	768	2990
Máximo	2762	4567	3390	5785	3051	8146	1033	3547

Fonte: Elaborado pela autora

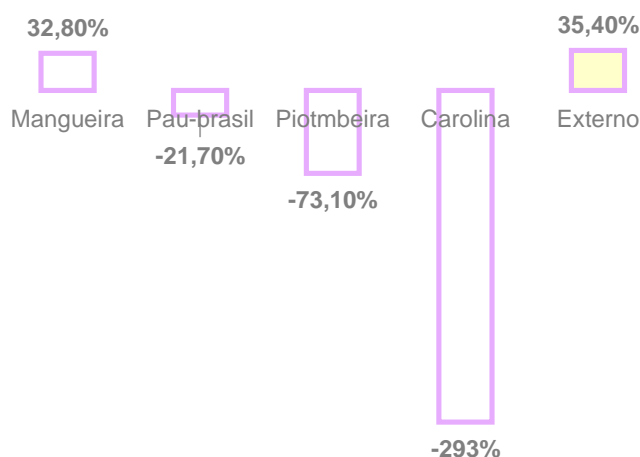
No gráfico 3.51 abaixo, são apresentados os percentuais de redução da variação da iluminância simulada em relação à iluminância medida *in loco*. Os modelos da mangueira e da pitombeira são os que mais se aproximam, em termos de variação da iluminância, do comportamento do sensor externo (entorno desobstruído). O modelo da carolina apresentou o maior percentual de redução da variação, isto indica que se trata de dados mais homogêneos em relação aos demais modelos e, em relação ao sensor externo. Por outro lado, o modelo que representa o pau-brasil tem o menor percentual de redução da variação, portanto é o modelo que possui maior similaridade, em termos de variação, com a árvore real.

Gráfico 3.51 – Percentuais de redução da variação para o modelo 01 de cada espécie arbórea e o sensor externo

Fonte: Elaborado pela autora

Os percentuais de variação relativa da mediana das iluminâncias obtidas com o modelo 02 em relação aos dados de medição, podem ser observados no gráfico 3.52. A posição da barra para cima ou para baixo indica que a mediana da simulação está acima ou abaixo da mediana das medições. Neste caso, a mangueira e o pau-brasil foram as árvores que demonstraram ter o comportamento mais semelhante ao sensor externo, em termos de mediana.

Gráfico 3.52 – Percentuais de variação relativa das medianas dos dados de simulação do modelo 02 em relação às medianas dos dados de medição



Fonte: Elaborado pela autora

Conforme o exposto, verifica-se que, da mesma forma que para o modelo 01 descrito anteriormente, as iluminâncias encontradas com as simulações do modelo 02 são mais homogêneas que as medições *in loco*. Apenas a mangueira apresentou comportamento semelhante ao do sensor externo, onde grande parte dos dados obtidos com a simulação encontram-se concentrados acima da mediana da medição *in loco*. Inversamente à isto, ocorre com o pau-brasil, pitombeira e carolina.

Verificou-se a normalidade dos conjuntos de dados através do teste *Shapiro Wilk*. Constatando-se que se trata de amostras que não possuem distribuição normal, foi realizado o teste de hipóteses *Wilcoxon Rank* a fim de verificar a probabilidade de semelhança entre o modelo 02 representante de cada árvore e as respectivas copas reais (tabela 3.18).

Tabela 3.18 – Resultado do teste de hipóteses – modelo 02

MODELO 02 x MEDIÇÕES IN LOCO					
M 01 x in loco	Teste de Hipóteses - Wilcoxon				
	ED	LS	LI	VALOR P	CONCLUSÃO
Mangueira	519,2	480,6	558,2	2,2 ⁻¹⁶	Rejeita H ₀
Pau-brasil	-416,6	-372,1	-462,6	2,2 ⁻¹⁶	Rejeita H ₀
Pitombeira	-982,5	-937,6	-1026,9	2,2 ⁻¹⁶	Rejeita H ₀
Carolina	-1994,8	-1977,8	-2011,7	2,2 ⁻¹⁶	Rejeita H ₀

ED – Estimativa da diferença
LS – Limite superior
LI – Limite inferior

Fonte: Elaborado pela autora

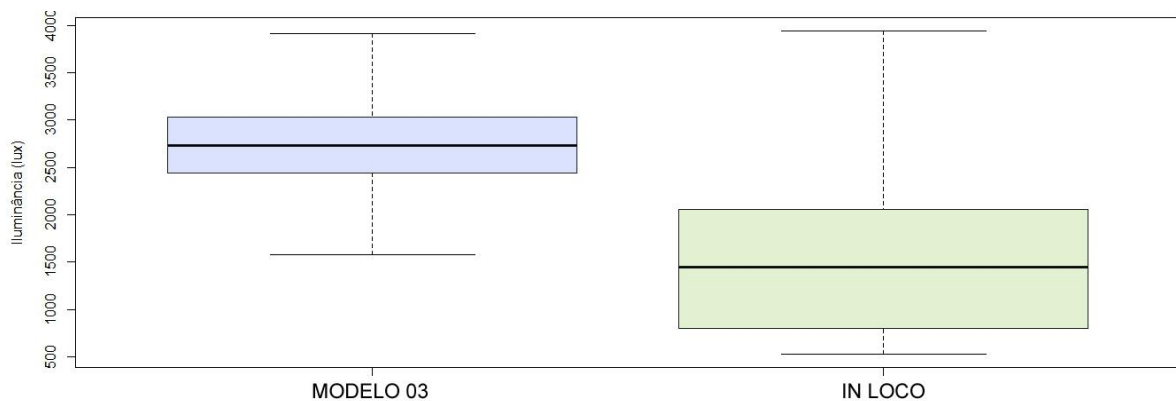
Com o teste de hipóteses, foi constatada, em todos os casos analisados, diferença significativa entre a amostra que representa a simulação (modelo) e a que representa a medição *in loco*. Desta forma, segundo o teste, nenhuma das espécies arbóreas simuladas com o modelo 2 possui similaridade com a situação real, visto que a hipótese nula foi rejeitada.

3.5.3 Modelo 03

O comportamento comparativo do modelo 03 (frestas) está descrito nos gráficos 3.53 a 3.60. Pode-se observar no gráfico 3.53, com base nas medições *in loco*, o desempenho do modelo que representa a mangueira. Os níveis de dispersão do modelo, exceto a iluminância máxima atingida, apresentam-se mais elevados que as medições. A diferença entre as medianas é de 1287 lux, correspondente a variação relativa de 89,3%.

Para a medição *in loco*, 50% da amostra (diferença entre quartis) tem variação absoluta de 1260 lux e, para a simulação, essa variação é de 593 lux. Considerando isto, esse modelo tem redução na variação da iluminância de 52,9%. A diferença entre as iluminâncias máximas registradas nas duas amostras, desconsiderando os dados espúrios, é nula. Já a diferença entre os registros mínimos de iluminância é de aproximadamente 1000 lux.

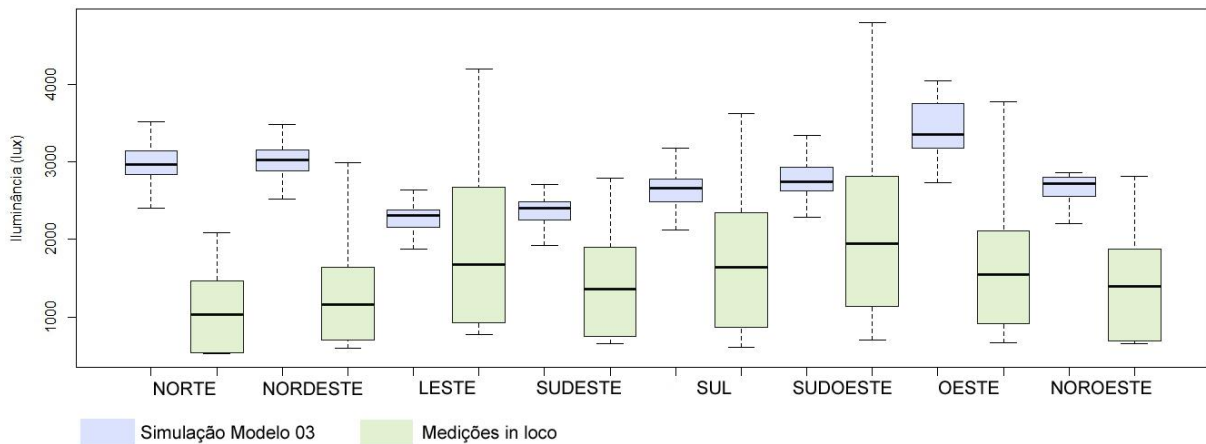
Gráfico 3.53 – Níveis de dispersão da mangueira - modelo 03 e medições *in loco*



Fonte: Elaborado pela autora

Em função da orientação, está apresentado no gráfico 3.54, o comportamento do modelo simulado em relação a medição *in loco*. Nota-se que em todas as orientações, o desempenho do modelo é semelhante ao do gráfico anterior, com iluminâncias mais homogêneas e sempre acima das iluminâncias de referência (medição *in loco*). Observa-se também que as oscilações entre as orientações foram mais acentuadas, isto se deve a não homogeneidade deste modelo, que apresenta diferentes aberturas (frestas) ao longo da superfície de toda a copa.

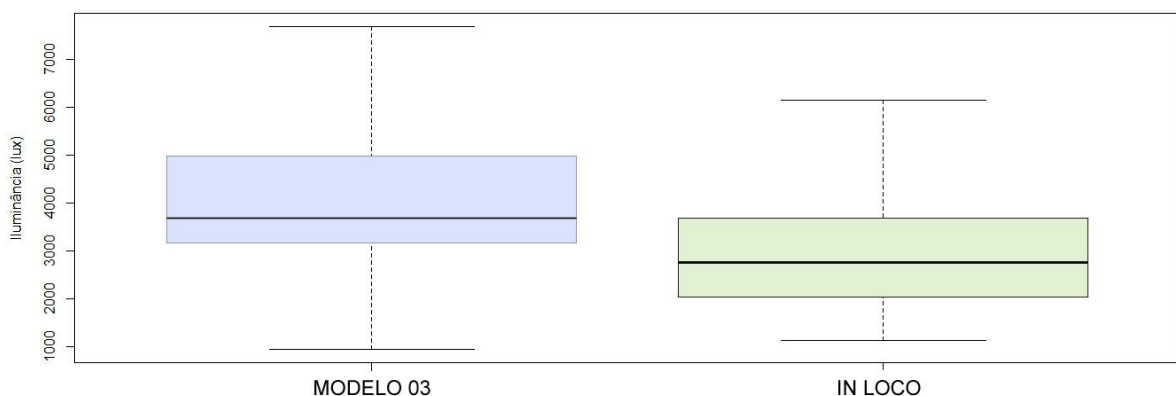
Foi a orientação oeste que apresentou os maiores níveis de dispersão na simulação, como também a maior variação entre quartis, os fatores que contribuíram para isto podem ser: presença de maiores frestas nestas orientações e a contribuição da posição solar.

Gráfico 3.54 – Níveis de dispersão por orientação - mangueira - modelo 03 e medições *in loco*

Fonte: Elaborado pela autora

O gráfico 3.55 apresenta o comportamento comparativo do modelo 03 que representa o pau-brasil. Os níveis de dispersão de ambos os grupos (modelo e medição) guardam entre si certa proximidade. A diferença entre as medianas é de 777 lux, que corresponde a uma variação relativa de 26,7%.

A diferença entre quartis (variação absoluta) da medição é de 1978 lux, já para a simulação essa diferença é de 1815 lux, levando isto em consideração, o modelo apresentou 8,2% de redução na variação da iluminância. Quanto às iluminâncias máximas registradas, observou-se que a diferença é de cerca de 1500 lux entre os conjuntos de dados. E, quanto as iluminancias mínimas, está diferença é de pouco mais de 100 lux.

Gráfico 3.55 – Níveis de dispersão da pau-brasil - modelo 03 e medições *in loco*

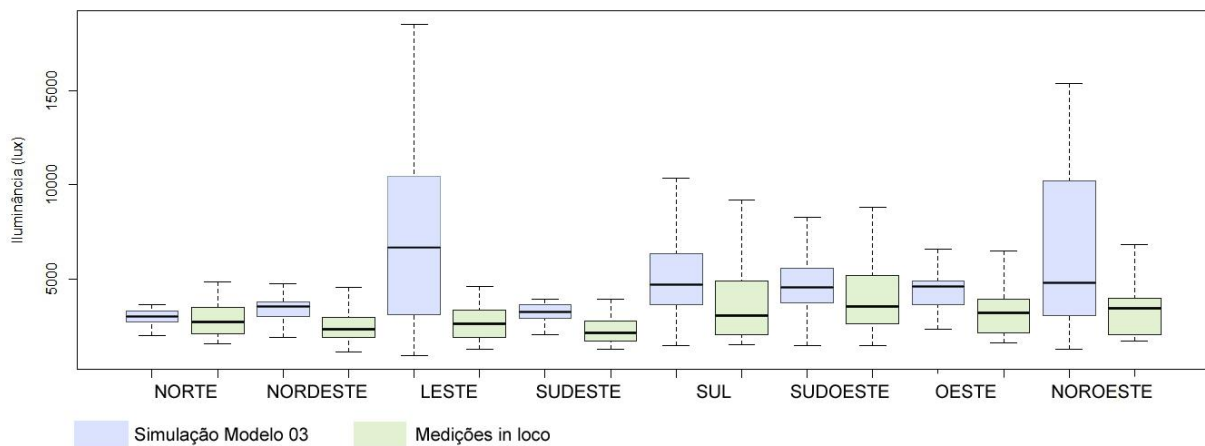
Fonte: Elaborado pela autora

Considerando o comportamento do modelo do pau-brasil em função das orientações (Gráfico 3.56), percebe-se que em grande parte das orientações, a amostra de dados referente à simulação apresentou maior homogeneidade em relação à medição, exceto nas orientações leste e noroeste, onde registrou-se níveis de dispersão bastante elevados. Isto

ocorreu devido a presença de maiores aberturas (frestas) nestas orientações, acarretando a incidência da luz direta do sol nos sensores.

Desconsiderando as orientações leste e noroeste, as oscilações da iluminância apresentadas entre as demais orientações, pode ser explicada pela variação no tamanho das aberturas somada à influência do entorno, já que percebe-se também certa oscilação no conjunto de dados de medição.

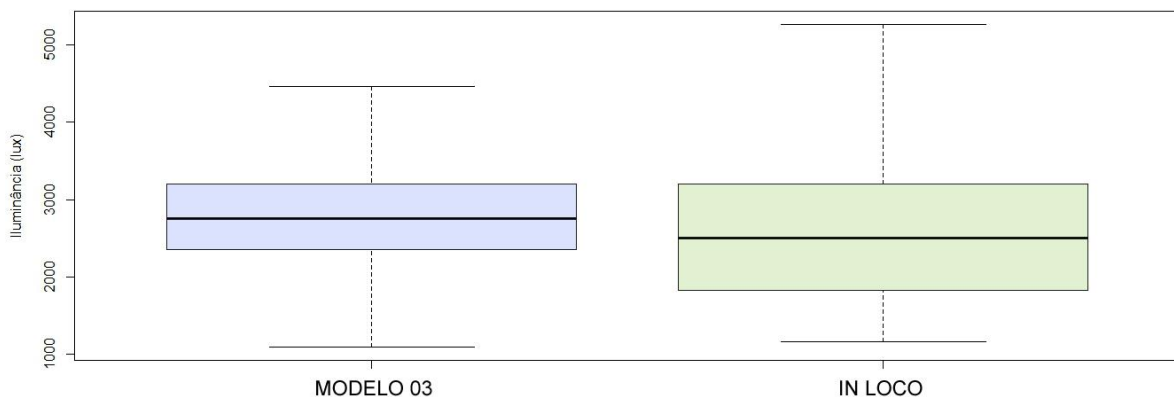
Gráfico 3.56 – Níveis de dispersão por orientação – pau-brasil - modelo 03 e medições *in loco*



Fonte: Elaborado pela autora

O comportamento do modelo 03 que representa a pitombeira está apresentado no gráfico 3.57. Os níveis de dispersão foram os mais semelhantes possível em relação às demais árvores. A diferença entre as medianas foi de 256 lux, equivalendo à 10,2% de variação relativa. Quanto às iluminâncias máximas e mínimas registradas, as diferenças foram de aproximadamente 600 lux e pouco mais de 50 lux, respectivamente. A diferença da iluminância da medição entre quartis (variação absoluta) foi 1376 lux, já para a simulação, essa diferença foi pouco menor, 844 lux. Considerando isto, o modelo apresentou percentual de redução na variação da iluminância de 38,6%.

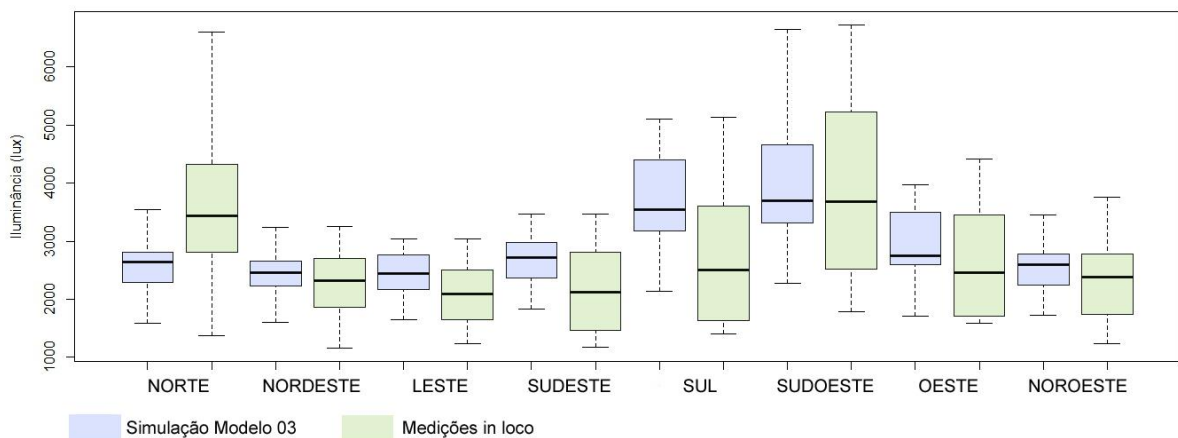
Gráfico 3.57 – Níveis de dispersão da pitombeira - modelo 03 e medições *in loco*



Fonte: Elaborado pela autora

Pode-se visualizar no gráfico 3.58, o comportamento comperativo do modelo 03 da pitombeira em função da orientação. Percebe-se que as oscilações dos níveis de dispersão entre as orientações ocorreram tanto para o modelo quanto para a simulação. As aberturas na copa aliada à reflexão do entorno podem ser os principais fatores desencadeadores desse comportamento. As orientações sul e sudoeste foram as que atingiram os maiores níveis de dispersão, como também apresentou a maior variabilidade da iluminância nas duas amostras (simulação e medição). Isto demonstra, que nestas orientações há a presença de maiores aberturas na copa, juntamente com a contribuição da reflexão do entorno.

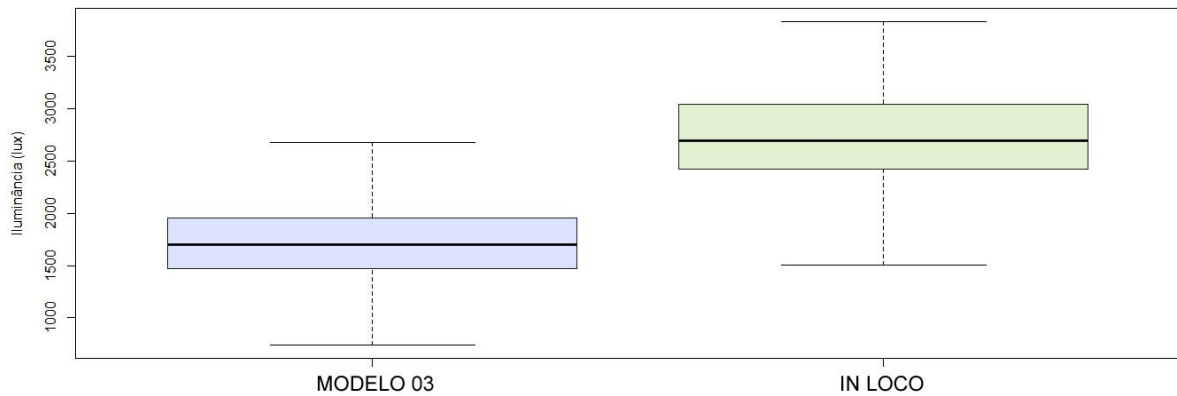
Gráfico 3.58 – Níveis de dispersão por orientação – pitombeira - modelo 03 e medições *in loco*



Fonte: Elaborado pela autora

No gráfico 3.59, apresenta-se os níveis comparativos de dispersão entre o modelo 03 que representa a carolina e as medições *in loco*. Os níveis de iluminância registrados no modelo são inferiores às medições. A diferença entre as medianas corresponde a 994 lux (58,6% de variação relativa).

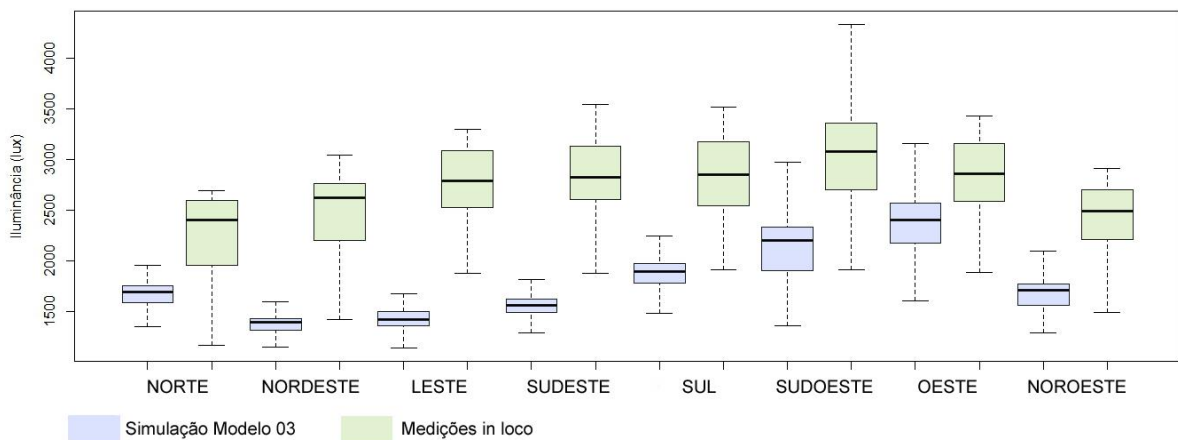
A variação absoluta da iluminância para 50% da amostra (diferença entre quartis) da simulação é de 487 lux e, para a medição, essa variação é de 613 lux. Assim, o modelo apresentou redução na variação da iluminância de 20,5%. Quanto as iluminâncias máximas e mínimas atingidas, as diferenças são de aproximadamente 1500 lux e 750 lux, respectivamente.

Gráfico 3.59 – Níveis de dispersão da carolina - modelo 03 e medições *in loco*

Fonte: Elaborado pela autora

O comportamento comparativo por orientação do modelo 03 que representa a carolina pode ser visualizado no gráfico 3.60. Nota-se que em todas as orientações houve menor variabilidade nos dados de simulações em comparação aos dados de medição, como também ocorreu que os níveis de dispersão da simulação são inferiores aos da medição. As oscilações nos níveis de iluminância percebidas entre as orientações do modelo e da copa real podem ter recebido a influência de dois fatores principais: as diferentes aberturas (frestas) no modelo e a reflexão do entorno.

As orientações oeste e sudoeste foram as que atingiram os maiores níveis de dispersão, como também apresentou a maior variabilidade da iluminância nas duas amostras (simulação e medição). Ressalta-se que, nestas orientações existe os maiores percentuais de abertura na copa, além disso, a posição solar pode também ser um dos fatores influenciadores.

Gráfico 3.60 – Níveis de dispersão por orientação – carolina - modelo 03 e medições *in loco*

Fonte: Elaborado pela autora

Na tabela 3.19 abaixo, pode-se visualizar os níveis de dispersão da iluminância relacionados às medições *in loco* e às simulações computacionais do modelo 03, para cada espécie arbórea estudada.

Tabela 3.19 – Níveis de dispersão da simulação do modelo 03 e medições *in loco*

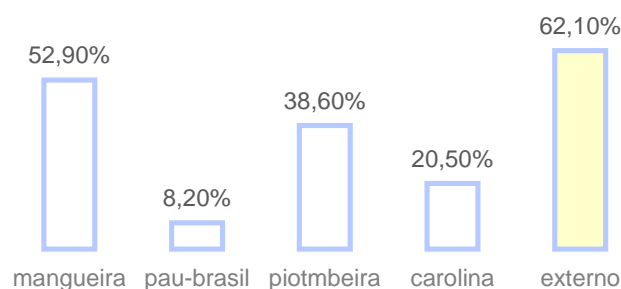
	MANGUEIRA		PAU-BRASIL		PITOMBEIRA		CAROLINA	
	Simulação	In loco	Simulação	In loco	Simulação	In loco	Simulação	In loco
Mínimo	685	526	937	1118	984	1156	489	229
1º quartil	2441	798	3161	2065	2356	1828	1468	2424
Mediana	2729	1442	3690	2913	2755	2499	1697	2691
Media	2754	1570	4917	4383	2906	2736	1784	2679
3º quartil	3034	2058	4976	4043	3200	3204	1955	3037
Máximo	4505	4801	20619	70105	6647	7906	11118	4491

Fonte: Elaborado pela autora

Os percentuais de redução da variação da iluminância simulada em relação à iluminância medida *in loco*, para cada espécie arbórea, pode ser observado no gráfico 3.61. O gráfico 3.62 demonstra os percentuais de variação relativa entre as medianas dos conjuntos de dados de simulação e medição.

Observa-se no gráfico 3.61, que o modelo que representa a mangueira é o que mais se aproxima, em termos de variação da iluminância, do comportamento do sensor externo (entorno desobstruído). Por outro lado, o modelo que representa o pau-brasil tem o menor percentual de redução da variação, assim é o modelo que possui maior similaridade, em termos de variação, com a árvore real. Este modelo também é o que mais se distancia do comportamento do sensor externo, onde a redução da variação da iluminância corresponde à 62,1%.

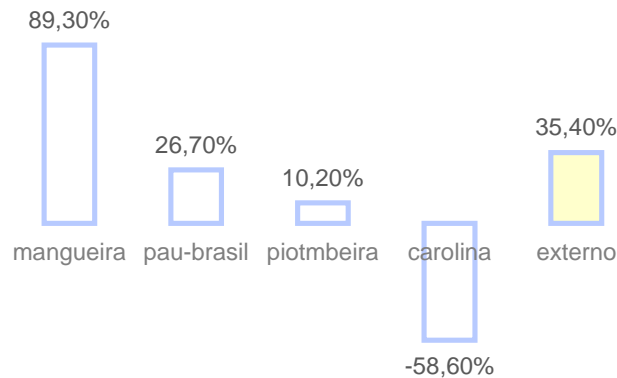
Gráfico 3.61 – Percentuais de redução da variação para o modelo 03 de cada espécie arbórea e o sensor externo.



Fonte: Elaborado pela autora

Com o gráfico 3.62, percebe-se que o comportamento do modelo que representa o pau-brasil é o que mais se assemelha ao comportamento do sensor externo. Já o modelo da mangueira é o que apresenta maior diferença em relação ao sensor externo.

Gráfico 3.62 – Percentuais de variação relativa das medianas dos dados de simulação do modelo 02 em relação às medianas dos dados de medição



Fonte: Elaborado pela autora

Vale ressaltar que a variabilidade das iluminâncias ocorridas no modelo 03 são as que mais se aproximam da variabilidade das iluminâncias das copas reais, isto porque o modelo não é uma superfície homogênea, apresentando aberturas inconstantes.

Relacionando-se com o comportamento do sensor externo, destaca-se que neste caso, a mangueira, o pau-brasil e a pitombeira assemelham-se ao comportamento do sensor em entorno desobstruído, onde grande parte dos dados obtidos com a simulação, encontram-se concentrados acima da mediana dos dados de medição *in loco*. Situação contrária ocorre com a carolina.

Sabendo-se que os conjuntos de dados de medição e simulação do modelo 03 não possuem distribuição normal, verificada através do teste de normalidade *Shapiro Wilk*, foi realizado o teste de hipóteses *Wilcoxon Rank* (não paramétrico) para comparar o comportamento dos dados, demonstrando a diferença entre o modelo 03 representante de cada árvore e as respectivas copas reais (tabela 3.20).

Tabela 3.20 – Resultado do teste de hipóteses – modelo 03

MODELO 02 x MEDIÇÕES IN LOCO					
M 01 x in loco	Teste de Hipóteses - Wilcoxon				
	ED	LS	LI	VALOR P	CONCLUSÃO
Mangueira	1313,5	1271,7	1354,5	2,2 ⁻¹⁶	Rejeita H ₀
Pau-brasil	1136,3	1201,3	1072,3	2,2 ⁻¹⁶	Rejeita H ₀
Pitombeira	321,1	370,3	272,1	2,2 ⁻¹⁶	Rejeita H ₀
Carolina	-970,2	-944,9	-995,3	2,2 ⁻¹⁶	Rejeita H ₀

ED – Estimativa da diferença
LS – Limite superior
LI – Limite inferior

Fonte: Elaborado pela autora

Com o teste de hipóteses, foi constatada diferença significativa entre a amostra que representa a simulação (modelo) e a que representa a medição *in loco* em todos os casos

analisados. Assim, segundo o teste, nenhum dos modelos que representa os tipos arbóreos possui similaridade com a árvore real, visto que a hipótese nula foi rejeitada.

3.6 Análise de erros

Nesta pesquisa, foram comparados os níveis de iluminância medidos in loco com iluminâncias obtidas através de simulação computacional da luz natural. Nesta etapa, foi realizada uma análise geral das diferenças encontradas entre medição e simulação, descrevendo os erros em relação às medições de referência. Para isto, foram utilizados os seguintes indicativos estatísticos: erro médio quadrático (RMSE - *root mean square error*) e o desvio das médias (MBE - *Mean Bias Error*). De acordo com Reinhart (2009), estes indicativos caracterizam as semelhanças e/ou diferenças entre dois conjuntos de dados e tem sido utilizados na comparação entre dados de simulação e medição da iluminação natural.

O RMSE é a medida da magnitude média dos erros estimados, tem valor sempre positivo, e quanto mais próximo de zero, maior a qualidade da iluminância simulada. O MBE indica o quanto a iluminância simulada está sendo subestimada (valor negativo) ou superestimada (valor positivo). O ideal é que o valor de MBE tenda a zero.

A tabela 3.21 mostra, em função da orientação, os indicativos estatísticos MBE e RMSE para cada modelo representante das árvores reais. Com os resultados é possível perceber que o modelo 01 (persianas) encontrou melhor ajuste para o pau-brasil, apresentando os menores valores de MBE e RMSE (-0,086 e 0,009, respectivamente). O modelo 02 (superfície translúcida) é melhor representado pela mangueira, pois apresentou o menor MBE (0,162) combinado ao menor RMSE (0,011). Para o modelo 03, o representante mais adequado é a pitombeira e a carolina. O MBE e o RMSE da pitombeira é respectivamente 0,039 e 0,009. A carolina apresentou MBE igual a -0,589 (iluminância simulada abaixo da iluminância medida) e RMSE igual a 0,016.

Tabela 3.21 – Erro médio quadrático – RMSE e o desvio das médias – MBE para os modelos de cada indivíduo arbóreo em função da orientação

MODELO 01 x MEDIÇÕES IN LOCO								
	Mangueira		Pau-brasil		Pitombeira		Carolina	
	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE
Norte	0,604	0,037	-0,268	0,032	-1,692	0,120	-0,079	1,029
Nordeste	0,506	0,033	0,015	0,023	-0,691	0,056	-0,082	1,167
Leste	0,344	0,031	0,063	0,019	-0,676	0,059	-0,089	1,283
Sudeste	0,479	0,033	0,144	0,024	-0,645	0,064	-0,096	1,499
Sul	0,425	0,031	0,072	0,031	-1,182	0,112	-0,112	1,741
Sudoeste	0,331	0,028	-0,055	0,027	-2,264	0,177	-0,104	1,644
Oeste	0,404	0,029	-0,452	0,043	-1,182	0,096	-0,099	1,594
Noroeste	0,433	0,030	-0,179	0,024	-0,732	0,059	-0,059	0,891
GERAL	0,441	0,011	-0,086	0,009	-1,133	0,035	-1,356	0,032

MODELO 02 x MEDIÇÕES IN LOCO								
	Mangueira		Pau-brasil		Pitombeira		Carolina	
	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE
Norte	0,370	0,027	-0,544	0,056	-1,336	0,101	0,168	2,494
Nordeste	0,342	0,028	-0,087	0,028	-0,323	0,039	0,164	2,539
Leste	0,024	0,035	-0,178	0,033	-0,571	0,049	0,236	3,702
Sudeste	0,281	0,029	-0,129	0,035	-0,739	0,065	0,194	3,137
Sul	0,062	0,031	-0,499	0,059	-1,433	0,121	0,193	3,138
Sudoeste	-0,182	0,040	-0,537	0,057	-2,134	0,167	0,2	3,289
Oeste	0,149	0,027	-0,619	0,059	-0,955	0,086	0,224	3,678
Noroeste	0,246	0,029	-0,398	0,041	-0,371	0,045	0,126	2,029
GERAL	0,162	0,011	-0,373	0,017	-0,982	0,033	-3,001	0,067

MODELO 03 x MEDIÇÕES IN LOCO								
	Mangueira		Pau-brasil		Pitombeira		Carolina	
	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE	MBE	RMSE
Norte	0,623	0,038	0,045	0,018	-0,485	0,048	-0,033	0,361
Nordeste	0,568	0,035	0,244	0,022	0,051	0,015	-0,057	0,856
Leste	0,115	0,031	0,412	0,037	0,153	0,016	-0,065	0,996
Sudeste	0,384	0,029	0,296	0,023	0,197	0,02	-0,055	0,842
Sul	0,344	0,028	0,186	0,042	0,266	0,023	-0,037	0,547
Sudoeste	0,251	0,026	0,028	0,044	0,012	0,022	-0,038	0,426
Oeste	0,503	0,033	0,222	0,022	0,079	0,019	-0,021	0,240
Noroeste	0,449	0,031	0,278	0,033	-0,037	0,016	-0,033	0,439
GERAL	0,405	0,011	0,213	0,011	0,039	0,009	-0,589	0,016

Fonte: Elaborado pela autora

Em estudo anterior (ALL-SALLAL et. al, 2013), onde trata do tema abordado nesta pesquisa, os autores concluíram, com base nos valores de MBE e RMSE, que as simulações estão em boa concordância com as medições reais, portanto os dados podem ser considerados confiáveis (Quadro 3.4).

Quadro 3.4 – MBE e RMSE indicados no estudo de Al-Sallal et. al (2013).

	Árvores pequenas		Árvores grandes	
	MBE	RMSE	MBE	RMSE
Norte	0,16	0,27	5,30	2,03
Sul	0,70	0,39	16,04	5,95
Leste	1,33	0,58	11,72	4,59
Oeste	-0,86	0,25	5,65	2,18
Geral	0,33	0,20	9,68	2,02

Fonte: Extraído de Al-Sallal et. al (2013).

Em outro recente estudo (VILLALBA et. al, 2014), os autores verificaram qual das técnicas utilizadas em sistemas de controle solar (difusão, reflexão e obstrução) melhor se ajusta a modelos de copas de árvores. Os valores dos indicativos estatísticos MBE e RMSE foram obtidos para amostras de dados que representam medições in loco e simulações computacionais da luz natural para cinco situações diferenciadas (modelos A, B, C, D e E). Os autores afirmaram que os indicativos são adequados em se tratando de simulações computacionais. Indicaram que o melhor ajuste ocorreu para o modelo A, com erro médio quadrático igual a 0,09 lux. os resultados deste estudo pode ser visualizado no quadro 3.5.

Quadro 3.5 – MBE e RMSE indicados no estudo de Villalba et. al (2014).

MODELOS	MBE	RMSE
Modelo A	0,07	0,09
Modelo B	0,17	0,33
Modelo C	0,23	0,33
Modelo D	0,10	0,72
Modelo E	0,49	0,48

Fonte: extraído de Villalba et. al (2014).

De forma comparativa, observa-se que os resultados dos indicativos MBE e RMSE obtidos nesta pesquisa são coerentes com os resultados dos estudos de Al-Sallal et. al (2013) e Villalba et. al (2014) mostrados acima. Al-Sallal et. al (2013) considera que a margem de erro para MBE's e RMSE's, em modelagens de árvores, não deve ser superior à 20%, com um nível de confiança estatística de 80%.

De acordo com Reinhart (2011), em estudos recentes de simulação da iluminação da luz natural (Mardaljevic 2000a, b, Reinhart e Walkenhorst 2001, Reinhart e Anderson 2006, Reinhart e Breton 2009) comprovaram que simulações dinâmicas da luz do dia podem simular iluminâncias com um erro relativo abaixo de 25% em comparação com as medições.

Sendo assim, a tabela 3.22 apresenta os indicadores estatísticos MBE e RMSE expressos em porcentagem para os pares simulação-medição de cada árvore. Os valores destacados em vermelho são os que ultrapassaram a margem de erro de 25%. Em nenhum dos casos o RMSE atingiu este limite. Observa-se que o MBE atingiu valores mínimos e máximos de 3,9% a -300,1%, respectivamente. O RMSE máximo atingido foi de 6,7% e, o mínimo 0,9%.

Tabela 3.22 – Erro médio quadrático – RMSE e o desvio das médias – MBE para os modelos de cada indivíduo arbóreo

Modelo		Mangueira	Pau-brasil	Pitombeira	Carolina
01	MBE (%)	44,1	-8,6	-113,3	-135,6
	RMSE (%)	1,1	0,9	3,5	3,2
02	MBE (%)	16,2	-37,3	-98,2	-300,1
	RMSE (%)	1,1	1,7	3,3	6,7
03	MBE (%)	40,5	21,3	3,9	-58,9
	RMSE (%)	1,1	1,1	0,9	1,6

* Valores destacados em vermelho são os que ultrapassam a margem de erro de 25%.

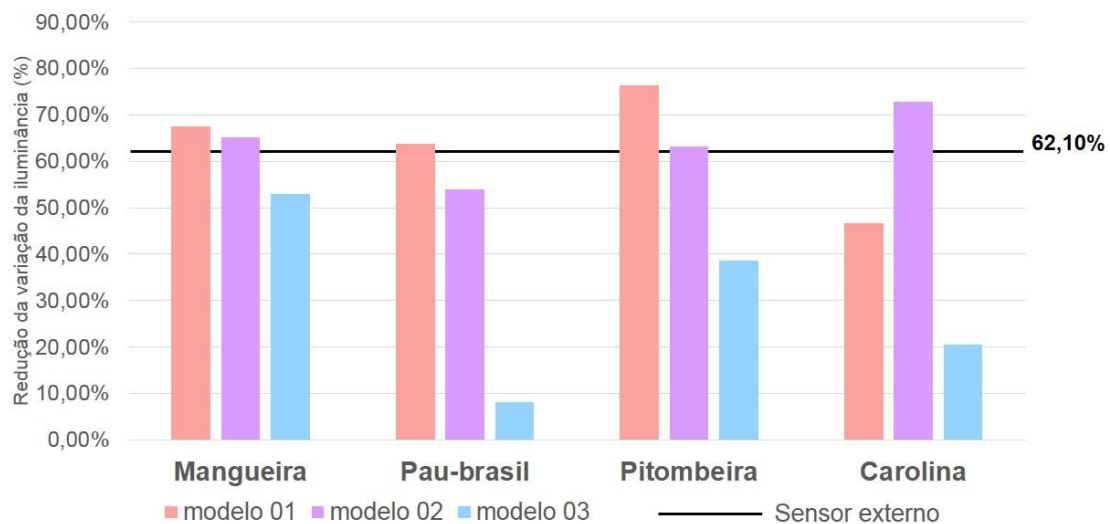
Fonte: Elaborado pela autora

De acordo com esta análise de erros (Tabela 3.2), o modelo 02 é o que mais se adequa a mangueira, pois apresentou BEM e RMSE mínimos (MBE = 16,2% e RMSE = 1,1%) e abaixo do limite adotado. Para o pau-brasil, o modelo 01 é o mais adequado com MBE = -8,6% e RMSE = 0,9%. O modelo 03 é o que melhor representa a pitombeira (MBE = 3,9% e RMSE = 0,9%). Para a carolina nenhum dos modelos a representa, pois em todos os casos o MBE ultrapassa o erro relativo de 25%.

No caso de simulações computacionais envolvendo elementos tão complexos como copas de árvores, inúmeros fatores são difíceis de serem inseridos na simulação e exercem influência no desempenho da luz sob a copa, um deles é o movimento das folhas causado pela ação do vento. Isto permite que a variabilidade das iluminâncias sob copas reais seja, naturalmente, maior que em simulações.

Levando em consideração o comportamento (níveis de dispersão e variabilidade) da iluminância simulada em relação à medida *in loco*, como discutido no item anterior, percebe-se com o gráfico 3.63 que para o pau-brasil, o modelo 01 é o que mais se aproxima, em termos de comportamento, em relação a situação do sensor externo. Já para as demais árvores, o modelo 02 foi o melhor representante.

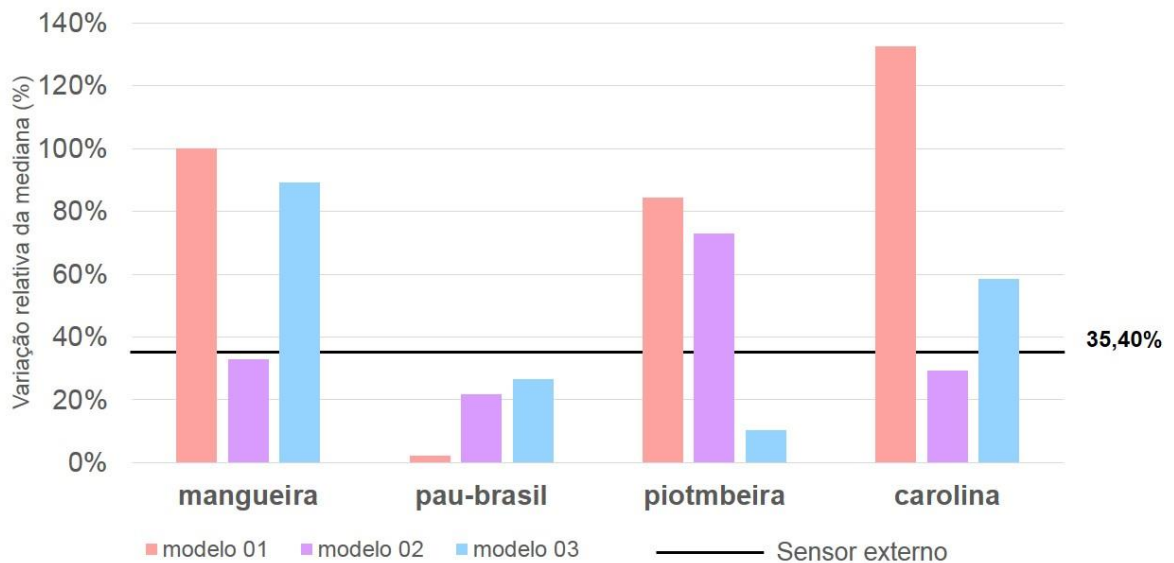
Gráfico 3.63 – Comparação dos percentuais de redução da variação da iluminância para cada modelo correspondente a cada árvore em relação ao sensor externo



Fonte: Elaborado pela autora

Considerando o comportamento das medianas da iluminância simulada em relação a medida *in loco*, observa-se a partir do gráfico 3.64, que o modelo 02 é o que melhor representa a mangueira e a carolina, pois seus percentuais de variação relativa da mediana se aproximam da variação relativa da iluminância registrada no sensor externo. Para o pau-brasil e a pitombeira, o modelo 03 é o que melhor representa estas árvores, em termos de variação relativa da mediana.

Gráfico 3.64 – Comparação da variação relativa da mediana da iluminância para cada modelo correspondente a cada árvore em relação ao sensor externo



Levando-se de encontro a análise de erros (MBE e RMSE) à variabilidade da iluminância e aos níveis de dispersão representado pela mediana, nota-se que a mangueira é representada pelo modelo 02, o pau-brasil pelo modelo 01, a pitombeira pelo modelo 03 e a carolina pelo modelo 02, conforme quadro 3.6. Contudo, ressalta-se que, possivelmente, o tipo de modelo representante de cada espécie arbórea esteja intrinsecamente ligado às características próprias de cada árvore.

Quadro 3.6 – Compilação dos resultados obtidos da redução da variação da iluminância, variação relativa da mediana e análise de erros para cada espécie arbórea

	Mangueira	Pau-brasil	Pitombeira	Carolina
Redução da variação da iluminância	MODELO 02	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 02
Variação relativa da mediana	MODELO 02	MODELO 03	MODELO 03	MODELO 02
Análise de erros	MODELO 02	MODELO 01	MODELO 03	

Fonte: Elaborado pela autora

IV

Capítulo

4 CONCLUSÃO

Considerando que simular e quantificar o efeito das árvores sobre a iluminação natural é uma prática bastante difícil e ainda pouco investigada, pois copas de árvores são elementos de alto nível de complexidade, esta pesquisa objetivou caracterizar um método para a representação e modelagem da vegetação arbórea na simulação computacional da luz natural. Para tanto, o desempenho da luz foi investigado em quatro espécies arbóreas cultivadas na cidade de João Pessoa-PB, são elas: mangueira, pau-brasil, pitombeira e carolina.

Este capítulo apresenta as principais conclusões extraídas da pesquisa, relacionando-as com os objetivos propostos. Também apresenta as limitações encontradas para a realização deste trabalho, bem como recomendações para trabalhos futuros que possam dar continuidade ao estudo a partir dos resultados alcançados.

4.1 Quanto às medições de referência

Foram realizadas medições de referência da iluminância sob a copa de cada espécie arbórea estudada, bem como na condição de entorno desobstruído (sensor externo) para três condições de céu. Considerando o sensor externo as medianas das iluminâncias registradas na condição de céu claro, parcialmente encoberto e encoberto são, respectivamente, 100, 81 e 47 Klux.

A maior variabilidade dos dados ocorreu nos registros da condição de céu parcialmente encoberto (variação relativa igual a 106%), visto que, é neste tipo de céu que ocorrem as maiores inter reflexões por conta da presença inconstante de nuvens. Já com céu claro, a variação da iluminância foi significativamente menor, com variação relativa de aproximadamente 8,3%. Nesta condição, as iluminâncias são mais uniformes, pois se trata de um céu homogêneo, onde não há significativa presença de nuvens, assim a maior contribuição é a da luz direta do sol.

O comportamento da iluminância sob as copas arbóreas, em relação aos tipos de céu, são inversos ao comportamento da iluminância externa. Nos dias de céu claro, o sensor externo registrou os maiores níveis de dispersão da iluminância, enquanto sob as copas das árvores, nesta mesma condição de céu, os sensores registraram os menores níveis de

dispersão. Situação semelhante ocorreu para as condições de céu encoberto e parcialmente encoberto. Explica-se este fato considerando que, em dias de céu claro, a maior contribuição da luz vem da porção da abóbada próxima ao sol e, em dias de céu encoberto, a luz é difusa e uniformemente distribuída em toda a abóbada. Com isto, em condição de céu claro a copa arbórea consegue bloquear uma parcela significativa da luz, no entanto, em condição de céu encoberto a homogeneidade na distribuição da iluminância faz com que o desempenho da iluminação sob a copa receba influência de toda a abóbada celeste, não apenas da porção próxima ao sol.

Com os resultados das medições sob as copas arbóreas, percebe-se que, em relação aos tipos de céu, a mangueira é a árvore que apresentou as situações mais definidas, quanto aos níveis de dispersão e a variabilidade da iluminância, visto que, em condição de céu claro, foram registrados os menores níveis de iluminância, bem como a menor variabilidade. Já para o céu encoberto, as iluminâncias alcançaram os maiores níveis de dispersão e a maior variabilidade. As demais árvores apresentaram, em relação aos tipos de céu, variação da iluminância e os níveis de dispersão mais equilibrados, com ligeira diferenciação entre as condições de céu.

De forma geral, a mangueira registrou os maiores percentuais de redução da luz, bem como, em relação aos tipos de céu, apresentou as situações mais definidas quanto aos níveis de dispersão e variabilidade da iluminância. Atribui-se a isto, as dimensões, altura em relação ao piso e a grande densidade da copa desta árvore. Com estes fatores, a contribuição de outras variáveis que poderiam interferir no comportamento da luz (exemplo: a refletância do entorno e as frações de lacunas da copa) passam a não ter influência significativa.

O pau-brasil e a pitombeira tiveram comportamento semelhante quanto aos níveis de dispersão e a variação da iluminância. No entanto, observa-se que a pitombeira, em algumas orientações, obteve menores percentuais de redução da iluminância, isto devido a influência da refletância do entorno e/ou da presença de maiores lacunas na copa. Já o pau-brasil apresentou maior uniformidade da luz ao longo das orientações. Logo, pode-se dizer que, apesar de semelhança no desempenho da luz em ambas as árvores, a copa do pau-brasil é relativamente mais homogênea que a da pitombeira. Isto pode estar associado a diferenciação na composição do ramo e tipo de folhas destas árvores.

A carolina apresentou variabilidade da luz consideravelmente menor, como também foi menor o nível máximo de iluminância atingido. Relaciona-se isto a fatores como: alta densidade e dimensões da copa e baixa refletância da folha (verde escuro).

Considerando os valores de tendência central (medianas), os percentuais de redução da luz sob as copas arbóreas, em relação aos registros do sensor externo, percebe-se que a

mangueira apresentou a maior redução, com 98,2%. O pau-brasil, a pitombeira e a carolina apresentaram redução de 96,7%, 96,9% e 96,7%, respectivamente. Estes resultados demonstram a grande capacidade das árvores de filtrar a luz intensa vinda do céu.

Com as imagens *olho de peixe* registradas sob a copa de cada espécie arbórea, obteve-se os percentuais de abertura de copa. A mangueira apresentou o menor percentual (3,06%), seguida da carolina com 6,39%. Já a pitombeira e o pau-brasil demonstraram as maiores aberturas 8,04% e 9,05%, respectivamente. Traçando-se uma relação entre abertura de copa e iluminância, percebeu-se que a quantidade de luz que atravessa a copa guarda uma estreita relação com a variável *fração de lacuna* ou o percentual de abertura de copa. Assim, pode-se afirmar que esta variável tem influência significativa no desempenho da iluminância.

4.2 Quanto às iluminâncias medidas x simuladas

Para validar os resultados das simulações e verificar em que medida os modelos geométricos virtuais são representantes adequados das árvores reais, foi realizada análise comparativa entre iluminâncias simuladas e medidas in loco.

O coeficiente de correlação de Spearman mostrou que os modelos simulados e as árvores reais possuem correlações fracas e significativas. Contudo, é importante ressaltar que simulações computacionais devem ser criteriosas em seus diversos aspectos, no entanto sabe-se que as diferenças entre resultados de medições e simulações são esperadas, devido às simplificações dos fenômenos luminosos ocorridos na prática da simulação.

Considerando o modelo 01 simulado, a pitombeira apresentou o maior percentual de redução da variação da luz, possuindo iluminâncias mais homogêneas em relação às medidas in loco. Por outro lado, o modelo da carolina tem o menor percentual de redução da variação, portanto é o que possui maior semelhança, quanto a variação, com as medições reais. Os modelos da mangueira e do pau-brasil, em termos de redução da variação, foram os que mais se assemelharam ao comportamento do sensor externo.

Ainda considerando o modelo 01, em se tratando de variação relativa das medianas dos modelos simulados em relação aos dados de referência (medição in loco), notou-se que, o modelo que representa o pau-brasil foi o que mais se aproximou em termos percentuais, aos dados externos (medição – simulação). As demais árvores apresentaram maiores diferenças.

As iluminâncias encontradas com as simulações dos modelos 01 são mais homogêneas, quando comparadas às medições in loco. No entanto, em se tratando de

comportamento, apenas a mangueira e o pau-brasil assemelha-se ao comportamento do sensor externo, onde grande parte das iluminâncias simuladas encontram-se acima da mediana do conjunto de dados de medição *in loco*. Situação inversa ocorreu com a pitombeira e a carolina, onde as iluminâncias simuladas estão abaixo da mediana do conjunto de dados de medição *in loco*.

Quanto ao modelo 02, as árvores mangueira e pitombeira foram as que mais se aproximaram, em termos de variação da iluminância, do comportamento do sensor externo (entorno desobstruído). O modelo que representa a carolina apresentou o maior percentual de redução da variação. Isto indica que se trata de dados mais homogêneos em relação aos modelos das demais árvores. Por outro lado, o modelo que representa o pau-brasil tem o menor percentual de redução da variação, portanto é o modelo que possui maior semelhança, em termos de variação, com a árvore real.

Os percentuais de variação relativa da mediana das iluminâncias obtidas com o modelo 02 em relação aos dados de medição *in loco*, demonstraram que a mangueira e o pau-brasil foram as árvores que mais assemelharam-se ao comportamento do sensor externo. Assim, da mesma forma que para o modelo 01, as iluminâncias encontradas com as simulações do modelo 02 são mais homogêneas que as medições *in loco*.

Considerando o modelo 03 simulado, a mangueira é a árvore que mais se aproxima, em termos de variação da iluminância, do comportamento do sensor externo (entorno desobstruído). Por outro lado, o modelo que representa o pau-brasil tem o menor percentual de redução da variação, assim é o modelo que possui maior semelhança, em termos de variação, com a árvore real.

Considerando o comportamento deste modelo quanto às medianas, destaca-se que a mangueira, o pau-brasil e a pitombeira assemelharam-se ao comportamento do sensor externo, onde grande parte dos dados obtidos com a simulação, encontram-se concentrados acima da mediana dos dados de medição *in loco*. Situação contrária ocorre com a carolina.

De forma geral, e levando em conta o comportamento da iluminância (variabilidade) pode-se dizer que para o pau-brasil, o modelo 01 é o que mais se assemelha a situação do sensor externo. Já para as demais árvores, foi o modelo 02 o melhor representante. Contudo, vale ressaltar que os modelos 01 e 02 apresentaram as menores variações em relação ao modelo 03, este por sua vez possuiu maior similaridade com as copas reais. A maior variação do modelo 03 deve-se à composição de sua superfície, que apresenta aberturas de tamanhos diferenciados no sentido zenital e azimutal.

Considerando agora o comportamento das medianas (simulação – medição) da iluminância sob as copas em relação às medianas (simulação – medição) registradas no

sensor externo, afirma-se que o modelo 02 é o que melhor representa a mangueira e a carolina, Para o pau-brasil e a pitombeira, o modelo 03 é o melhor representante destas árvores.

Complementarmente, foi realizado o teste de hipóteses de *Wilcoxon Rank*, pelo o qual verificou-se que em todos os casos, exceto o modelo 01, representando a mangueira foi constatada diferença significativa entre a amostra da iluminância que representa a simulação (modelo) e a que representa a medição in loco (árvores reais), sendo a hipótese nula (de igualdade das amostras) rejeitada.

4.3 Quanto às análises dos erros

A análise de erro das diferenças encontradas entre medição e simulação foi realizada através dos indicadores estatísticos MBE e RMSE. De acordo com os resultados, observa-se que para a mangueira, o modelo 02 (superfície translúcida) foi o que melhor a representou, pois apresentou o menor RMSE (1,1%), combinado ao menor MBE (16,2%).

Considerando o pau-brasil, o modelo 01 foi o mais adequado, apresentando o menor MBE (-8,6%) e o menor RMSE (0,9%). O sinal negativo do MBE indica que a iluminância simulada está subestimada em relação à iluminância medida.

A pitombeira correspondeu ao modelo 03 com MBE e o RMSE respectivamente de 3,9% e 0,9%. A carolina não apresentou um modelo que a representasse, pois em todos os casos o MBE está acima do valor tomado como referência (25%).

Levando-se de encontro a análise de erros (MBE e RMSE) à variabilidade da iluminância e aos níveis de dispersão representado pela mediana, nota-se que a mangueira é representada pelo modelo 02 (superfície translúcida), o pau-brasil pelo modelo 01 (persianas), a pitombeira pelo modelo 03 (frestas) e a carolina pelo modelo 02 (superfície translúcida). Contudo, ressalta-se que, possivelmente, o tipo de modelo representante de cada espécie arbórea esteja intrinsecamente ligado às características próprias de cada árvore.

Referências

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT: NBR 15215 Iluminação natural - Parte 2**: Procedimento de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural. Rio de Janeiro, 2005.

AL-SALLAL, Khaled A. AL-RAIS, Laila. A novel method to model trees for building daylighting simulation using hemispherical photography. **Journal of Building Performance Simulation**, Emirados Árabes, v.6, n.1, p. 38-52, Janeiro 2013.

AL-SALLAL, K.A., ABU-OBEID, N. Effects of shade trees on illuminance in classrooms in the United Arab Emirates. **Architectural Science Review**, Emirados Árabes, v. 52, n. 4, p. 295–311, 2009.

AL-SALLAL, K. A Practical method to model trees for daylighting simulation using hemispherical photography. **Building Simulation: Eleventh International IBPSA Conference**. 2009.

AL-SALLAL, A. K.; AHMED, L. Improving natural light in classroom spaces with local trees: simulation analysis under the desert conditions of the UAE. **Building Simulation**, p. 1168 – 1174, 2007. Disponível em: <http://www.ibpsa.org/proceedings/BS2007/p027_final.pdf> Acessado em: 11 nov. 2013.

BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 2003. 144f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2003.

BERRY, R.; LIVESLEY, S. J.; AYE, L. Tree canopy shade impacts on solar irradiance received by building walls and their surface temperature. **Building and Environment**, v. 69, p. 91-100, Melbourne, 2013.

BRASIL (2013). **Instituto Nacional de Meteorologia** – Estação climatológica de João Pessoa. Normais Climatológicas: ano base 1961–1990.

CABÚS, Ricardo. Troplux: um sotaque tropical da simulação da luz natural em edificações. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió. **Anais...** Maceió, 2005. p. 240 - 249.

CABÚS, R. C. Tropical daylighting: predicting sky types and interior illuminance in northeast Brazil. 288 f. Thesis (Doctor) - School Of Architectural Studies, 2002.

CHAIYAKUL, Yingsawad. Reduction of daylight in urban canyons with trees. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 21. 2004, Eindhoven. **Anais eletrônico...** Disponível em: <<http://alexandria.tue.nl/openaccess/635611/p0545final.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2014.

CRHISTAKOU, E. D. **A simulação computacional da luz natural aplicada ao projeto de arquitetura**. 2004. 147f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

CINTRA, M. S. **Arquitetura e luz natural**: a influência da profundidade de ambientes em edificações residenciais. 2011. 158f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e urbanismo) – Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

COELHO, Maurício A. et. al. Método para estimativa do IAF de árvores isolada ou de plantações com dossel fechado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande – PB, v. 16, n. 5, p.529 – 538, 2012.

CÓRICA, L.; PATTINI, A. Evaluación de iluminancias verticales sobre fachadas en cañones urbanos forestados de la ciudad de mendoza, argentina. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, Mendoza, v. 16, p. 89-96, ISSN 0329-5184, 2012.

CÓRICA, L.; PATTINI, A. Evaluación del acceso a la iluminación natural en edificios de alta densidad edilicia según los indicadores urbanos del código urbano y edificación de la ciudad de Mendoza. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2011. Búzios. **Anais...** Pernambuco: ANTAC, 2011.

CÓRICA, L.; PATTINI, A. Permeabilidade luminica urbana: factor de vision de cielo en recintos urbanos característicos de la ciudad de mendoza. In: VIII CONGRESO PANAMERICANO DE ILUMINACIÓN - Luxamérica, 2006, Montevideo, Uruguai. **Anais...** Montevideo, 2006.

CORREIA, Alexandre Vaz. **Floresta, muito mais que árvores** – Manual de Educação Ambiental para a Floresta. Editora AFN, Lisboa, 2009.

DIDONÉ, E. L. **A influência da luz natural na avaliação da eficiência energética de edifícios contemporâneos de escritórios em Florianópolis/SC**. 2009. 174f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

DONOVAN, G. H.; BUTRY, D. T. The value of shade: Estimating the effect of urban trees on summertime electricity use. **Energy and Buildings**. London: Elsevier, v.41, p. 662-668, 2009.

DURANTE, L.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Efeitos do sombreamento arbóreo nas condições termohigrométricas e lumínicas de ambientes internos e externos de edificações. **Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 9, n. 9, p. 1980-1998, fevereiro, 2013. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/reget/article/view/7704>. Acessado em: 18 dez. 2013.

GIUNTI, C. J. **Calibração do uso de fotos hemisféricas, do LAI – 2000 e do Ceptômetro para estimativa do Índice de Área Foliar em plantações de Eucalyptus**. *Estágio profissionalizante em Engenharia Florestal* – Universidade de São Paulo, Paracicaba, 2007. Disponível: <www.divertire.com.br/pdfFactory> Acessado em: 24/02/14

JONCKHEERE, I.; FLECK, S.; NACKAERTS, K.; MUYS, B.; COPPIN, P.; WEISS, M.; BARET, F. Review of methods for in situ leaf area index determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photography. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 121, p. 19–35, 2004.

HARDY, J. P.; MELLOH, R.; KOENIG, G.; MARKS, D.; WINSTRAL, A.; POMEROY, J. W.; LINK, T. Solar radiation transmission through conifer canopies. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.126, p. 257 – 270, 2004.

HONGBING, Wang; JUN, Qin; YONGHONG, Hu; LI, Dong. Optimal tree design for daylighting in residential buildings. **Building and Environment**, Shanghai, v. 45, p.2594-2606, maio 2010.

HOPKINSON, R.; LONGMORE, J.; PETHERBRIDGE, P. **Iluminação Natural**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Portugal, 1975.

HOSOI, F., and OMASA, K., 2006. Voxel-Based 3-D Modeling of Individual Trees for Estimating Leaf Area Density Using High-Resolution Portable Scanning Lidar. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 44 (12), 3610-3618.

LEDER, Solange Maria. **Ocupação urbana e luz natural: Proposta de parâmetro de controle da obstrução do céu para garantia da disponibilidade à luz natural**. 2007. 208 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

LEDER, S. M.; PEREIRA, F. O. R. Ocupação urbana e disponibilidade de luz natural. **Minerva – Pesquisa e Tecnologia**. v. 5, n. 2, p. 129-138, julh/dez. 2008.

LI, D.H.W.; WONG, S.L.; TSANG, C.L.; CHEUNG, Gary H.W. A study of the daylighting performance and energy use in heavily obstructed residential buildings via computer simulation techniques. **Energy and Buildings**, Hong Kong, v. 38, Issue 11, p. 1343–1348, novembro, 2006.

MAJASALMI, T; RAUTIAINEN, M.; STENBERG, P.; RITA, H. Optimizing the sampling scheme for LAI-2000 measurements in a boreal forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.154- 155, p.38- 43, 2012.

MASCARÓ, L.; DUTRA, G. N. A. Afluência da morfologia dos recintos urbanos na iluminação natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4º, Salvador-BA, 1997. **Anais...Salvador: ANTAC**, 1997. p. 299-304.
MASCARÓ, Lucia; moore, Juan Luis. **Vegetação Urbana**. Ed.3º Porto Alegre: Masquatro, 2010.

MELO, M. P.; PETERNELLI, L. A. **Conhecendo o R: Uma visão mais que estatística**. Editora UFV, Viçosa-MG, 2013.

MOORE, F. **Concepts and practice of architectural daylighting**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991, 271p.

NACKAERTS, C.; COPPIN, P.; MUYS, B.; HERMY, M. Sampling methodology for LAI measurements with LAI-2000 in small forest stands. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.101, p. 247 – 250, 2000.

NG, E.; WONG, N. H. Better daylight and natural ventilation by design. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AN LOW ENERGY ARCHITECTURE, 21., 2004, Eindhoven, Netherlands. **Proceedings...** Eindhoven: PLEA, 2004, p.175-179.

ORAL, G. K.; YENER, A. K.; BAYAZIT, N. T. Building envelope design with the objective to ensure thermal, visual and acoustic comfort conditions. **Building and Environment**, London, v. 39, p. 281-287, 2004.

OLIVEIRA, A.S.; SANTOS, F. M. M.; CALLEJAS, I. J. A.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S. Sombreamento arbóreo e microclima de praças públicas em cidade brasileira de clima tropical continental. In: 4º PLURIS - CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 2010, Faro, Portugal. **Anais**, 2010.

PEREIRA, Fernando O. R. Envelope solar: um exercício teórico ou uma proposição viável. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Gramado, 1995.

PMJP - Prefeitura Municipal de João Pessoa - Secretaria de Meio Ambiente. **Cartilha de Arborização Urbana**. 3.ed. João Pessoa, 2011.

PIVETA, J. **Influência de elementos paisagísticos no desempenho térmico de edificação térrea**. 2010. 69f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.

REINHART, C.; WALKENHORST, O. Dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a full-scale test office with outer venetian blinds. **Energy and Buildings**, Vol. 33, n. 7, 2001.

REINHART, C. F.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. NRCC - 48669. 2006.

REINHART, C.; WIENOLD, J. The Daylighting Dashboard - A Simulation- Based Design Analysis for Daylit Spaces. **Building and Environment**, Volume 46, Issue 2, 2010.

REINHART, C. F. **Tutorial on the Use of Daysim Simulation for Sustainable Design**. Harvard University Graduate School of Design, Cambridge, USA, 2010.

REINHART, C. F. **Overview and Introduction to Daysim and Current Research Developments**. Massachusetts Institute of Technology, Building Technology Program, 2012. Disponível em: <http://www.radiance-online.org/community/workshops> Acessado em: 24/01/14

RIGITANO, Roberta Z. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, Campinas-SP, 2004

ROBBINS. C. L. **Daylighting, Design and Analysis**. Van Nostrand Reinhold Company Inc. New York, 1986.

SATTLER, M. A.; SHARPLES, S.; PAGE, J. K. The geometry of the shading of buildings by various tree shapes. **Solar Energy**. Estados Unidos, v. 38, n. 03, p. 187-201, 1987.

SCHNEIDER, D.; SCHWALBE, E.; MAAS, H. G. Validation of geometric models for fisheye lenses. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 64, p.259 – 266, 2009.

SEITZ, R. **A poda de árvores urbanas**. Curitiba. 1996. 41p. (série técnica FUPEF 19). Disponível em: http://www.ipef.br/publicacoes/curso_arborizacao_urbana/cap07.pdf Acessado em: 02/12/2013

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. **Energy and Buildings**, Haifa, v. 31, p. 221–235, 2002.

SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. São Paulo, 2009.173 p. Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP. São Paulo, 2009.

SIMÕES, M. P.; PINTO-CRUZ, C.; BELO, A. F.; FERREIRA, L. F.; NEVES, J. P.; CASTRO, M. C. Utilização de fotografia hemisférica na determinação do índice de área foliar de oliveiras jovens (*Olea europaea* L.). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 30, n. 1, Lisboa, jan. 2007.

SOUZA, R. V. G.; PEREIRA, F. O. R. Primeira estação de medição de iluminação natural em território brasileiro: análise dos dados dos dois primeiros anos de funcionamento. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 79-94, jul./set. 2004.

SOUZA, L. C. L.; LEME, F. T.; PEDROTTI, F. S. Relações entre o Fator de visão do Céu, a temperatura urbana e o consumo de energia elétrica. In: MEMORIAS - COTEDI, 2005, México. **Anais...** México, 2005. p. 329 – 336.

STEEMERS, K. Energy and the city: density, buildings and transport. **Energy and Building**, London, v.35, p.3-14, 2003.

STENBERG, P. Correcting LAI-2000 estimates for the clumping of needles in shoots of conifers. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.79, p.1-8, 1996.

VILLALBA, A.; PATTINI, A.; CORREA E. An approach to urban tree daylight permeability simulation using models based on louvers. **Building and Environment**. Mendonza, v. 73, p. 75-87, fev. 2014.

VIANNA, N. S.; GONÇALVES, J. C. S. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Virtus, 2001.

ZHAO, Dehua; LV, Meiting; WANG, Penghe; YANG, Tangwu; AN, Shuqing. Can the plant area index of a submerged vegetation canopy be estimated using digital hemispherical photography? **Agricultural and Forest Meteorology**. 2014.

YATES, D.; McKENNAN, G. Solar Architecture and Light Attenuation by trees: Conflict or Compromise? **Arboricultural Journal**. v. 13, p. 7-16, 1989.

YU, Chen; HIEN, W. N. Thermal benefits of city parks. **Energy and Buildings**. v. 38, p. 105–120, Singapura, 2006.

Anexos

Anexo A – Declinação magnética do local onde as árvores estão inseridas



NGDC Declination

Date 2014-03-02

Latitude 7° 8' 35" S

Longitude 34° 50' 59" W

Elevation 0.0 km

Model Used WMM 2010

Declination 21° 59' 38" W changing by
1.7 E per year



Compass shows the approximate bearing of the magnetic north (MN)

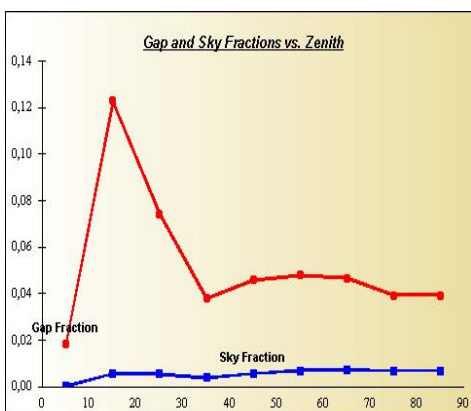
Magnetic declination is the angle between true north and the horizontal trace of the local magnetic field. In general, the present day field models such as the IGRF and World Magnetic Model (WMM) are accurate to within 30 minutes of arc for the declination. However, local anomalies exceeding 10 degrees, although rare, do exist.

Document created: 2014-03-02 19:31 UTC

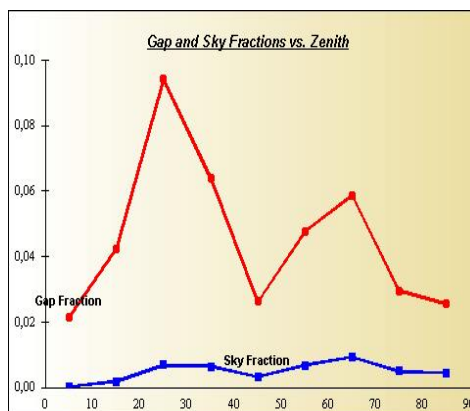
Questions: geosag.moclin@noaa.gov

Anexo B – Gráficos extraídos do Gap Light Analyzer – fração de lacuna em função do ângulo zenital

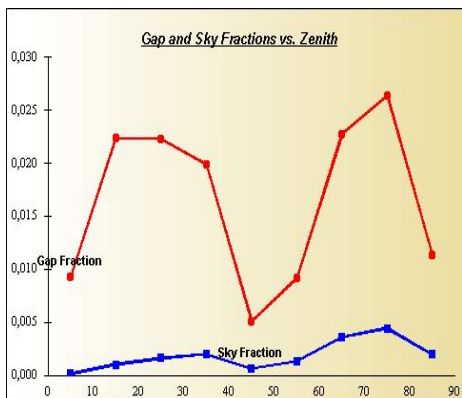
MANGUEIRA



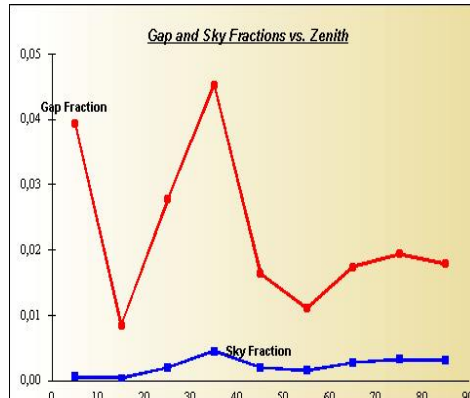
LESTE



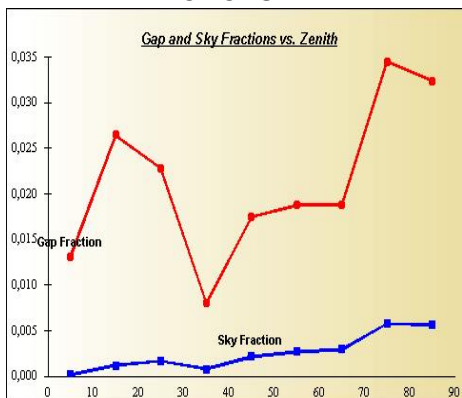
NORDESTE



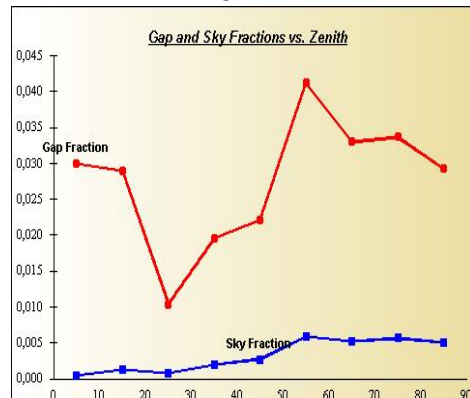
NOROESTE



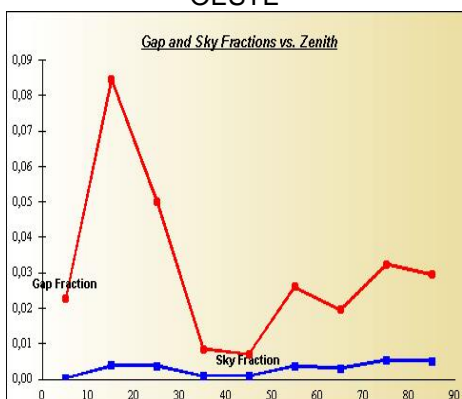
NORTE



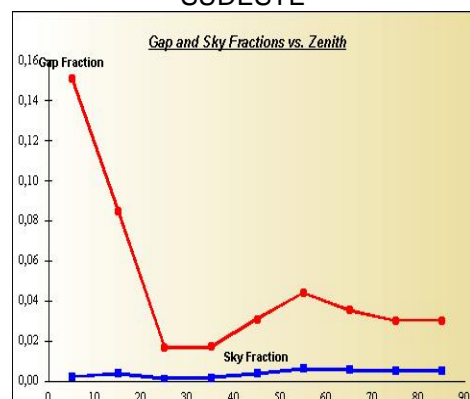
OESTE



SUDESTE

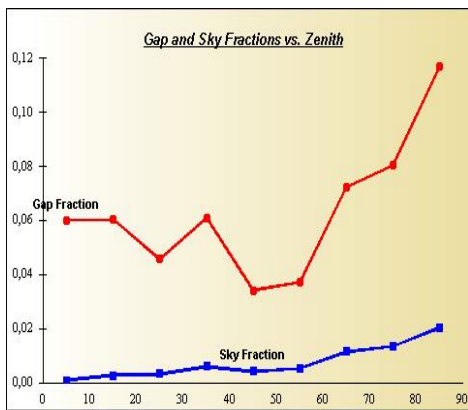


SUDOESTE

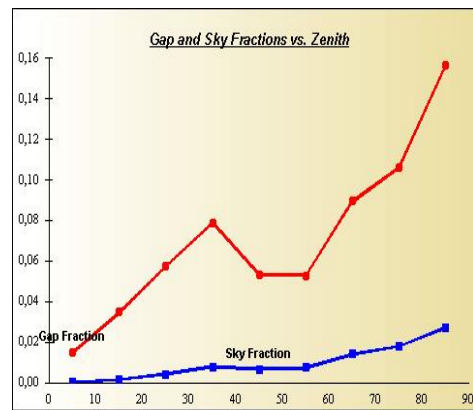


SUL

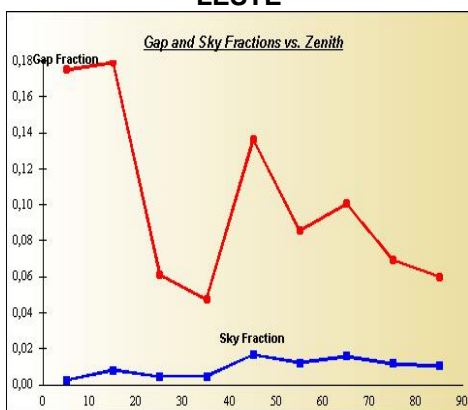
PAU-BRASIL



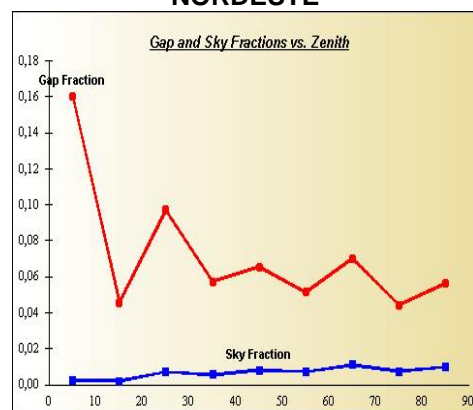
LESTE



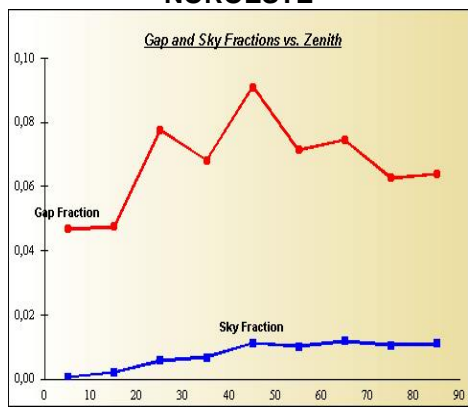
NORDESTE



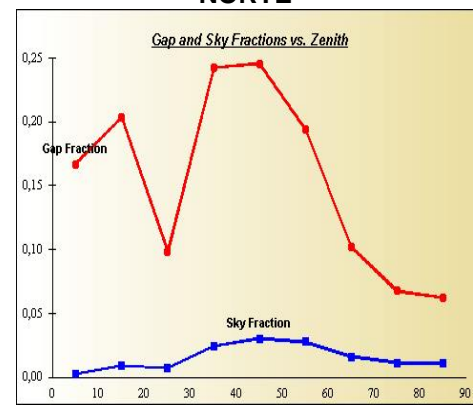
NOROESTE



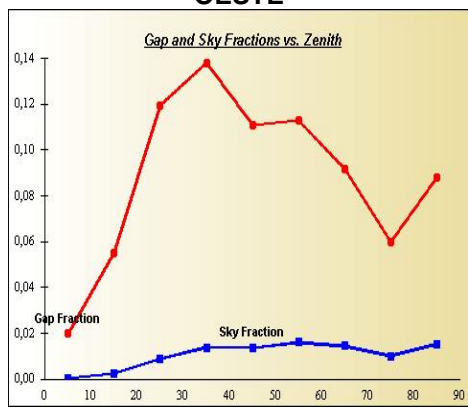
NORTE



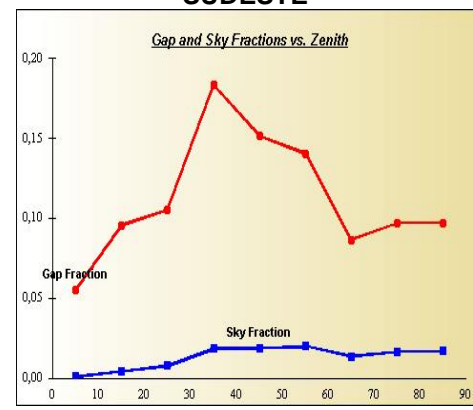
OESTE



SUDESTE

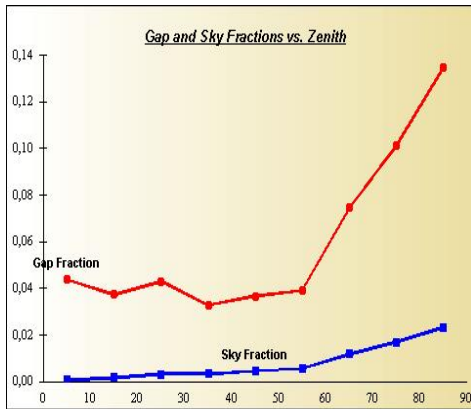


SUDOESTE

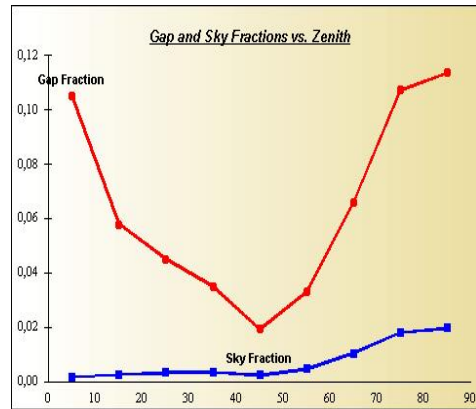


SUL

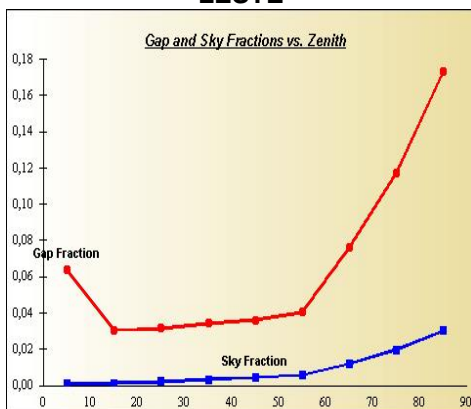
PAU-BRASIL



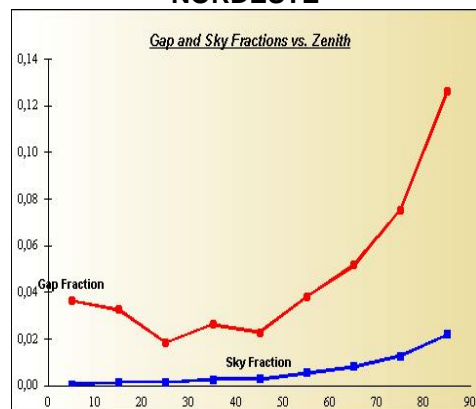
LESTE



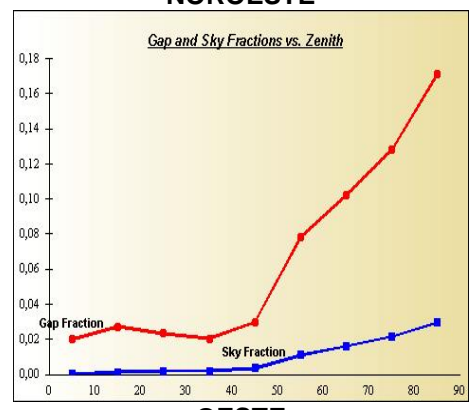
NORDESTE



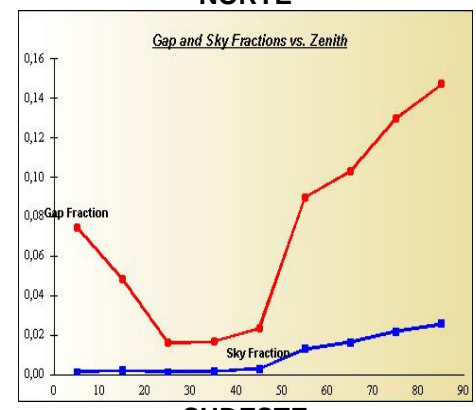
NOROESTE



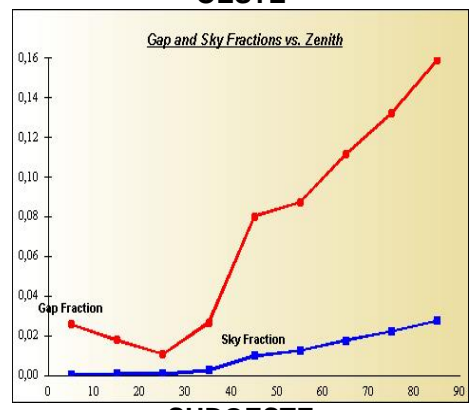
NORTE



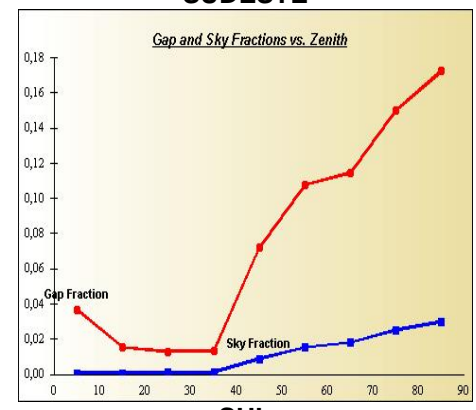
OESTE



SUDESTE

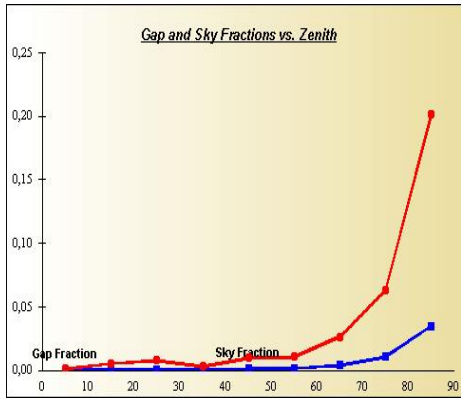


SUDOESTE

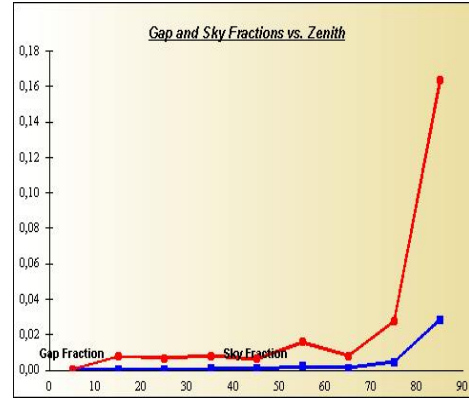


SUL

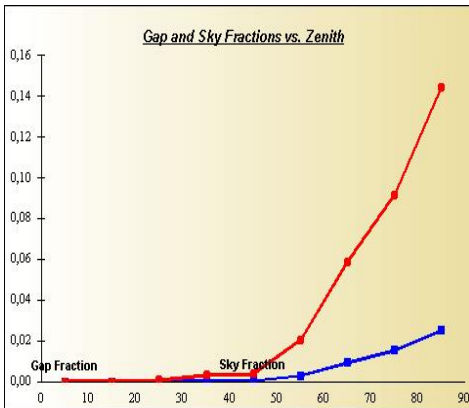
CAROLINA



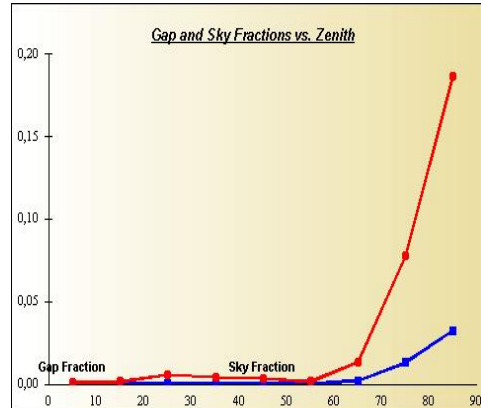
LESTE



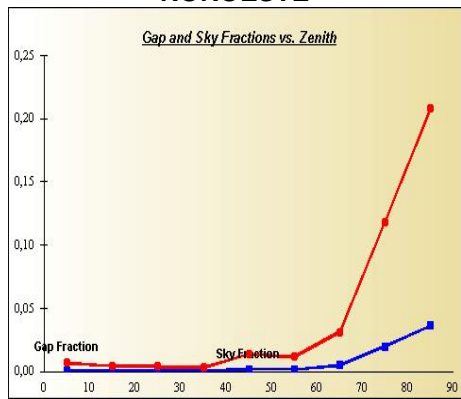
NORDESTE



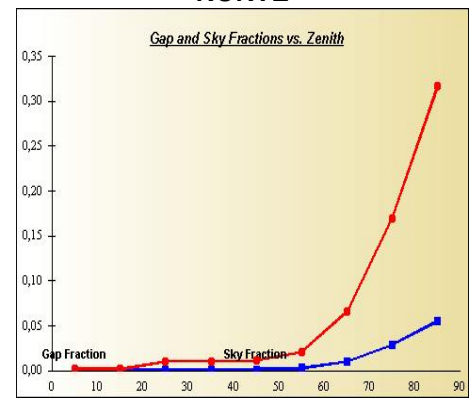
NOROESTE



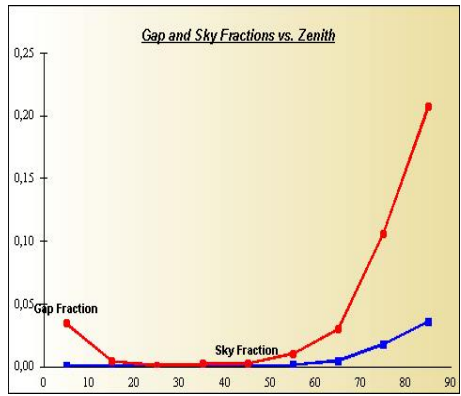
NORTE



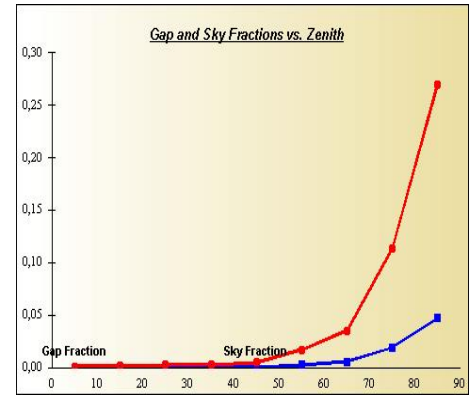
OESTE



SUDESTE



SUDOESTE



SUL

Apêndices

APÊNDICE A – Dados de iluminância (Klux) medidos sob a copa das espécies arbóreas estudadas, em cada condição de céu

MANGUEIRA									
CÉU CLARO - 23/07/2013									
HORÁRIO	SUL	SUDESTE	NOROESTE	NORTE	NORDESTE	LESTE	OESTE	SUDOESTE	SUL
11:00:00	0,8455	6,009	0,69455	0,541	0,7348	0,92144	0,834	1,0199	2,5765
11:01:00	0,8639	6,4791	0,6934	0,5411	0,7413	0,92478	0,781	2,5389	2,5921
11:02:00	0,8629	3,0694	0,70518	0,5425	0,7429	0,917	0,776	20,799	2,6331
11:03:00	0,9316	1,9683	5,9364	0,5429	0,7404	0,90635	0,754	50,268	2,647
11:04:00	1,3348	7,5287	23,14	0,5389	0,7325	0,90614	0,754	71,192	2,5853
11:05:00	1,4157	17,232	16,806	0,5369	0,7397	0,90017	0,75	92,11	2,5098
11:06:00	1,0371	12,14	3,6474	0,5384	0,7408	0,89895	0,748	95,245	2,5389
11:07:00	1,3769	2,0995	0,70253	0,5378	0,7734	0,89294	0,746	95,199	2,569
11:08:00	1,507	0,86771	0,69375	0,5371	0,8906	0,90239	0,75	95,113	2,5811
11:09:00	1,0379	0,84316	0,69335	0,5378	0,8122	0,88915	0,741	95,355	2,6608
11:10:00	0,843	0,79624	0,68387	0,5369	4,2434	0,89003	0,74	95,424	2,706
11:11:00	0,8756	0,80875	0,68872	0,5381	32,391	0,89367	0,745	95,074	2,7231
11:12:00	0,8741	0,80662	0,6907	0,5393	74,025	0,88696	0,737	95,281	2,8005
11:13:00	1,7746	0,79744	0,68939	0,5379	83,076	0,889	0,736	95,26	2,8984
11:14:00	9,124	0,80118	0,69541	0,5392	46,287	0,89283	0,744	94,903	2,6747
11:15:00	7,7648	0,80252	0,70065	0,5387	5,6146	0,92066	0,738	94,998	2,3465
11:16:00	1,0519	0,78886	0,70545	0,5369	0,7979	0,91293	0,731	93,444	2,1243
11:17:00	1,0147	0,78655	0,96488	0,5382	1,2558	0,89327	0,719	66,124	2,1281
11:18:00	1,1206	0,78152	0,84746	0,5381	5,8358	0,8902	0,729	18,445	2,183
11:19:00	0,9481	0,78581	0,70544	0,5376	6,9529	0,88772	0,726	1,3051	2,2939
11:20:00	0,8343	0,77534	0,70685	0,5362	6,1121	1,0794	0,72	0,99098	2,4689
11:21:00	0,8228	0,76929	0,69697	0,5336	2,206	1,0936	0,72	0,98837	2,4451
11:22:00	2,6272	0,76805	0,69846	0,5311	10,233	1,0103	0,716	0,96471	2,3218
11:23:00	13,29	0,7679	0,6996	0,5311	13,134	0,87502	0,716	0,9695	2,3094
11:24:00	16,147	0,76834	0,70357	0,5317	6,4223	0,88394	0,718	0,96685	2,431
11:25:00	6,2945	0,76427	0,70249	0,5315	2,6947	1,3576	0,712	0,94247	2,77
11:26:00	0,8288	0,75918	0,69503	0,5305	2,2481	1,8523	0,712	0,93504	3,0764
11:27:00	0,8253	0,76166	0,69744	0,5299	0,719	2,1061	0,711	0,93796	3,4001
11:28:00	0,7814	0,75148	0,69103	0,5282	0,7087	1,0771	1,822	0,91101	3,9939
11:29:00	0,9791	0,75274	0,69294	0,5308	0,7094	0,89634	3,944	0,93913	4,4884
11:30:00	2,3636	0,75548	0,69759	0,5297	0,7069	0,86208	3,941	0,93818	5,1573
11:31:00	1,2018	0,75403	0,69517	0,5294	0,6999	0,85747	1,906	0,93738	6,3928
11:32:00	1,0193	0,74751	0,68991	0,5289	0,6931	0,86077	0,871	0,93984	5,7113
11:33:00	1,0877	0,75357	0,69228	0,5298	0,6963	0,86433	1,292	0,97466	4,1745
11:34:00	2,0326	0,75159	0,69183	0,5298	0,6966	0,8609	1,549	3,5582	4,6444
11:35:00	5,2646	0,74869	0,69085	0,5303	0,6969	0,86126	0,746	20,468	4,4369
11:36:00	8,4136	0,74724	0,69214	0,5296	0,694	0,86241	0,71	56,079	4,5331
11:37:00	3,3878	0,74972	0,69439	0,5306	0,6921	0,86342	3,486	65,896	4,8519
11:38:00	0,8989	0,74863	0,69243	0,5313	0,6928	0,85863	15,68	60,907	5,3582
11:39:00	0,7535	0,74623	0,69428	0,5309	0,7203	0,86203	15,84	51,234	6,3119
11:40:00	0,7628	0,75232	0,69974	0,5324	2,1942	0,8581	4,541	24,861	5,6604
11:41:00	0,751	0,74677	0,70008	0,5324	1,6605	0,85348	0,727	6,2474	4,3125
11:42:00	0,749	0,74516	0,70008	0,5329	6,9352	0,85348	0,703	1,818	3,9525
11:43:00	0,7558	0,7464	0,69983	0,5335	22,828	0,85661	0,705	5,6866	4,2132
11:44:00	0,7576	0,74799	0,6995	0,5336	13,608	0,91394	0,702	8,3379	5,4426
11:45:00	0,7643	0,75089	0,7001	0,529	1,8046	0,93441	0,704	2,3816	5,9789
11:46:00	0,7588	0,74759	0,69781	0,5341	0,6821	2,001	0,703	7,3162	4,1985
11:47:00	0,7746	0,74715	0,69503	0,5367	0,6781	8,9399	0,701	17,936	2,9787
11:48:00	1,4763	0,75052	0,6926	0,5376	0,6779	10,435	0,701	24,514	2,8037
11:49:00	1,3397	0,74972	0,69145	0,5374	0,677	5,7637	0,697	22,12	3,3055
11:50:00	7,4829	0,74707	0,68967	0,5383	0,6747	1,2836	0,697	38,771	2,835
11:51:00	29,359	0,74432	0,68305	0,5371	0,6764	1,227	0,692	30,061	2,0779
11:52:00	46,81	0,7423	0,67953	0,5365	1,4065	2,4161	0,788	3,0773	2,8545
11:53:00	37,378	0,742	0,67798	0,5374	6,1636	1,8396	0,951	0,8901	3,5472
11:54:00	11,61	0,74663	0,68181	0,5406	6,4213	1,0285	3,064	4,5416	3,3905
11:55:00	1,2684	0,74787	0,68137	0,5409	1,2726	0,85495	6,869	26,996	3,108
11:56:00	0,7439	0,74091	0,67926	0,5397	0,691	0,85138	2,109	50,014	4,3527
11:57:00	0,7312	0,74175	0,67889	0,5387	0,6725	0,87595	0,741	48,5	4,1308
11:58:00	0,7314	0,74152	0,67587	0,5377	0,6641	0,95806	1,218	21,465	5,3586
11:59:00	0,7247	0,73793	0,67092	0,5376	0,6619	0,92915	0,916	12,682	7,7443

12:00:00	0,7197	0,73635	0,66938	0,5382	0,6707	0,88083	0,714	9,996	11,427
12:01:00	0,7275	0,73946	0,67077	0,5395	0,7944	0,9399	0,927	1,7225	11,252
12:02:00	0,7308	0,73713	0,6695	0,5392	0,7815	0,84074	5,278	0,83942	4,7109
12:03:00	0,7308	0,73654	0,66982	0,54	0,6506	0,83931	17,99	1,2198	2,2435
12:04:00	0,7575	0,73418	0,66829	0,5396	0,6431	0,83538	24,71	2,7029	1,9114
12:05:00	13,576	0,73046	0,66347	0,5379	0,662	0,98871	25,29	1,2159	1,968
12:06:00	60,51	0,72632	0,66031	0,54	0,6382	1,3587	17,4	0,7921	3,6502
12:07:00	86,491	0,73204	0,66146	0,5412	0,6392	1,4391	12,16	0,78605	2,6229
12:08:00	87,029	0,72296	0,65633	0,537	0,634	1,0008	9,577	0,77248	1,9737
12:09:00	77,462	0,72952	0,66007	0,539	0,6359	0,83704	9,113	0,78092	3,2401
12:10:00	52,564	0,73452	0,66359	0,54	0,6389	0,83302	2,74	0,77424	3,4745
12:11:00	27,967	0,73208	0,66461	0,5391	0,6363	0,82674	0,762	0,76574	3,332
12:12:00	8,5539	0,72836	0,66338	0,5376	0,6338	0,82355	0,734	0,75928	3,5508
12:13:00	1,0541	0,72445	0,66313	0,5364	0,6313	1,066	2,471	0,75676	6,7973
12:14:00	0,7194	0,72287	0,66406	0,5356	0,629	1,4561	7,268	0,75209	24,397
12:15:00	0,7035	0,71989	0,66346	0,5355	0,6273	0,93126	5,58	0,7519	25,961
12:16:00	0,7009	0,72075	0,6638	0,5353	0,6269	0,97538	2,412	0,74506	3,6122
12:17:00	0,6818	0,7116	0,65738	0,5328	0,6237	0,81861	2,298	0,7438	2,8636
12:18:00	0,6828	0,71308	0,66025	0,5327	0,6246	0,81472	1,299	0,74028	54,874
12:19:00	0,6733	0,71037	0,65963	0,5329	0,6248	0,80908	2,344	0,73441	23,684
12:20:00	0,6706	0,70951	0,66068	0,5333	0,6231	0,80894	2,049	0,73497	6,6514
12:21:00	0,6699	0,70759	0,65759	0,5316	0,6211	0,81276	0,929	0,73456	33,608
12:22:00	0,6692	0,70431	0,6582	0,5317	0,6215	1,0031	2,174	0,73186	29,808
12:23:00	0,6617	0,70268	0,66029	0,5329	0,621	1,0981	1,504	0,73187	7,3016
12:24:00	0,6631	0,70177	0,66119	0,5324	0,6191	1,4792	2,917	0,7326	10,897
12:25:00	0,662	0,69905	0,66346	0,5295	0,6172	0,87645	3,143	0,72895	3,4359
12:26:00	0,6557	0,69457	0,66605	0,5294	0,6163	1,2574	0,842	0,72768	2,5122
12:27:00	0,6505	0,68794	1,0921	0,5273	0,6138	3,9215	1,246	0,72254	3,6206
12:28:00	0,6427	0,68398	5,2612	0,5262	0,6118	7,4518	1,605	0,72286	3,2185
12:29:00	0,6415	0,68299	18,778	0,5261	0,6115	4,3619	0,865	0,72232	3,3323
12:30:00	0,6395	0,6818	19,449	0,5265	0,6111	4,0987	1,454	0,72522	2,4443
12:31:00	0,6391	0,68228	7,701	0,5271	0,6118	3,9421	1,365	0,72617	1,8466
12:32:00	0,6396	0,68347	12,137	0,5268	0,6112	2,164	0,687	0,72679	1,5881
12:33:00	0,6388	0,6832	10,722	0,5278	0,6101	3,595	0,68	0,72407	2,4392
12:34:00	0,6367	0,67966	3,292	0,5271	0,6068	3,5747	0,675	0,72517	7,505
12:35:00	0,638	0,68096	1,4615	0,5244	0,6049	1,9527	0,673	0,7188	30,814
12:36:00	0,6287	0,67126	0,74948	0,5233	0,6024	0,79475	0,679	0,71641	44,394
12:37:00	0,6283	0,66845	0,6552	0,5258	0,6017	0,77559	0,818	0,71887	42,46
12:38:00	0,6283	0,66788	0,65447	0,5263	0,6032	0,77435	0,799	0,71891	6,496
12:39:00	0,6264	0,66907	0,65981	0,5309	0,6023	0,77486	0,679	0,71364	1,5672
12:40:00	0,6272	0,67191	0,66307	0,5327	0,6025	0,77747	0,681	0,71585	4,582
12:41:00	0,6316	0,67216	0,66323	0,5322	0,6031	0,78079	0,685	0,71706	1,8691
12:42:00	0,6309	0,67366	0,66291	0,5337	0,6047	0,78327	0,706	0,7174	0,9555
12:43:00	0,6305	0,67316	0,66273	0,5341	0,6059	0,78411	0,738	0,71921	1,4683
12:44:00	0,6298	0,67324	0,66578	0,5363	0,6076	0,78417	0,729	0,71842	2,0708
12:45:00	0,6275	0,67497	0,66746	0,5383	0,6096	0,79098	0,799	0,72072	1,7954
12:46:00	0,629	0,67897	0,67132	0,5395	0,6089	0,79136	0,893	0,71777	1,6097
12:47:00	0,6237	0,67159	0,67272	0,5382	0,6047	0,78369	1,918	0,71164	1,5028
12:48:00	0,6184	0,6678	0,67076	0,5393	0,6028	0,78106	4,165	0,71013	1,5036
12:49:00	0,6178	0,66772	0,67025	0,5395	0,6032	0,78335	1,188	0,71071	1,6506
12:50:00	0,6209	0,66863	0,67202	0,5395	0,6074	0,78672	0,706	0,71321	2,0728
12:51:00	0,6218	0,6688	0,67243	0,5395	0,6997	0,79388	1,088	0,73331	1,3785
12:52:00	0,6207	0,67067	0,67499	0,5405	0,7126	0,79967	1,127	1,3166	1,959
12:53:00	0,6178	0,66812	0,67524	0,5412	0,6413	1,0381	1,306	2,1492	2,1351
12:54:00	0,6137	0,66491	0,67394	0,5402	0,6024	2,0896	0,831	1,0175	1,8175
12:55:00	0,6139	0,66288	0,67561	0,559	0,6012	8,2683	0,7	0,72787	2,2294
12:56:00	0,6136	0,66287	0,67798	0,5602	0,6138	15,823	0,691	1,1026	1,9902
12:57:00	0,6122	0,66003	0,67809	0,5499	0,9557	17,995	0,692	0,87306	1,5994
12:58:00	0,612	0,66023	0,67987	0,5481	1,0902	12,777	0,691	0,71105	1,6178
12:59:00	0,6091	0,65715	0,68077	1,592	0,6663	7,1791	0,69	0,70727	1,4454
13:00:00	0,6064	0,65361	0,68322	5,2271	0,5982	2,2371	0,758	0,70842	1,3502

MANGUEIRA								
CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO - 18/06/2013								
HORÁRIO	SUL	SUDESTE	NOROESTE	NORTE	NORDESTE	LESTE	OESTE	SUDOESTE
11:00:00	6,2043	21,987	1,0231	0,81235	1,0266	1,2967	2,6647	2,9325
11:01:00	6,2289	22,243	1,0075	0,77585	1,0216	1,3991	1,4584	3,4097
11:02:00	3,0464	23,083	1,0376	0,79752	1,0774	1,4977	2,7508	2,1056
11:03:00	3,3234	8,9874	1,1674	0,9619	1,2207	1,4876	2,3958	1,9443
11:04:00	2,7242	1,927	1,5904	1,0949	1,6144	1,9202	3,4449	2,4463
11:05:00	2,5214	6,0872	1,8763	1,4264	1,8218	2,3032	5,4309	2,7343
11:06:00	2,4133	9,239	1,9895	1,5565	2,0813	3,1681	5,3501	3,4768
11:07:00	2,3933	5,9096	2,0541	1,6123	1,828	4,5232	3,3447	3,1407
11:08:00	2,3953	6,3729	1,9351	4,0807	1,5258	18,041	1,8241	2,4323
11:09:00	1,9284	7,0171	2,667	18,05	1,3723	39,648	1,4323	1,9381
11:10:00	1,7856	3,0441	3,2642	39,277	1,3699	42,067	1,475	1,8005
11:11:00	1,8593	1,9791	2,346	29,049	1,2876	13,7	1,376	1,9201
11:12:00	1,752	1,8679	1,5934	6,141	1,5319	10,245	2,059	2,4947
11:13:00	2,172	2,3089	1,674	1,2387	1,3613	20,454	1,7458	1,8804
11:14:00	1,592	1,636	1,5141	1,0447	1,0348	64,369	1,4532	1,4529
11:15:00	1,5979	1,4373	1,4689	0,94751	1,1041	83,477	1,4188	1,5058
11:16:00	1,4889	1,452	1,3632	0,95924	1,0522	87,761	1,3644	1,4343
11:17:00	1,5583	1,4189	1,3498	0,9478	1,0874	60,284	1,4898	1,5664
11:18:00	1,4708	1,3466	1,2873	0,90364	1,03	48,736	1,2437	1,9022
11:19:00	1,4904	1,3442	1,3031	1,0098	1,1486	16,591	1,3573	1,7198
11:20:00	1,645	1,5108	1,3148	1,0359	1,1928	7,5099	1,7099	1,7193
11:21:00	1,656	1,6448	1,3599	0,93709	1,4309	10,913	1,7032	1,8316
11:22:00	1,8737	1,6596	1,4879	1,132	1,853	11,875	1,8143	2,5176
11:23:00	2,352	2,191	1,8	1,239	1,857	3,8638	1,9877	3,0878
11:24:00	2,8481	2,5439	1,9596	1,2775	1,8635	5,2297	2,1433	2,7668
11:25:00	3,0436	2,5009	1,7912	1,3247	1,719	2,3317	1,571	3,1295
11:26:00	1,921	1,8611	1,7648	1,2353	1,6073	2,3757	1,9612	6,8691
11:27:00	2,06	2,0908	1,8125	1,3225	1,7894	2,6685	2,0434	3,7794
11:28:00	3,0176	2,2964	1,9351	1,1831	3,5118	2,6747	1,9134	2,8175
11:29:00	2,1676	1,8465	1,6695	1,1208	1,9513	2,5499	1,8472	2,961
11:30:00	2,4241	2,1902	1,9918	1,2725	7,3234	2,5021	2,0467	3,2631
11:31:00	2,3137	2,0644	1,5211	1,0201	5,8684	1,6314	1,4143	1,7354
11:32:00	1,6508	1,4001	1,3636	0,96234	5,5347	1,463	1,3783	7,2156
11:33:00	1,4435	1,3208	1,4876	1,0758	3,5825	1,4873	1,4545	2,949
11:34:00	1,6112	1,495	1,4664	1,1097	19,735	1,8941	1,6266	3,4402
11:35:00	1,6505	1,6797	1,6987	1,0877	45,299	1,9693	1,6491	2,3568
11:36:00	2,0574	1,8557	1,4954	1,0202	1,6793	2,1891	1,7575	3,2225
11:37:00	2,8298	2,2592	1,7977	1,0189	8,4044	2,3482	1,805	3,4539
11:38:00	2,6886	1,8022	1,4794	1,0254	1,7064	1,9814	1,4486	1,9926
11:39:00	1,8964	1,6649	1,5817	1,3547	1,7801	2,1378	1,5319	2,1182
11:40:00	1,6228	1,8552	1,9704	1,2568	1,9393	2,346	1,8672	2,7903
11:41:00	2,2355	2,1906	2,0907	1,4229	1,6351	2,0891	1,8772	2,3912
11:42:00	2,3189	1,8102	1,5714	1,0696	1,1352	1,4879	1,4513	1,5768
11:43:00	1,4301	1,2838	1,4565	1,0728	1,0935	1,373	1,3121	1,4946
11:44:00	1,4555	1,2884	1,3181	1,0133	1,0368	1,5138	1,1935	1,4139
11:45:00	1,4663	1,3338	1,1989	1,0354	1,1137	1,6449	1,3547	1,8862
11:46:00	2,1503	1,6547	1,4937	1,0399	1,3959	2,156	1,8614	1,9535
11:47:00	2,3942	1,7468	1,5389	0,85465	1,2008	1,6111	1,5217	1,8131
11:48:00	1,5367	1,3762	1,11	0,76251	0,97763	1,6927	1,4822	1,7679
11:49:00	2,022	1,4567	1,3737	0,82907	1,1427	1,5114	1,4968	1,4637
11:50:00	1,8033	1,3077	1,0515	0,72485	0,82245	1,4496	1,4605	1,5839
11:51:00	1,5429	1,3389	1,2443	0,92903	1,052	1,3	1,3222	1,383
11:52:00	1,2091	1,1351	1,1983	0,93268	1,051	1,3465	1,4841	2,5646
11:53:00	1,2893	1,1483	1,3651	1,0441	1,0985	1,3937	1,3984	4,8226
11:54:00	1,2878	1,3119	1,4954	1,1783	1,2499	1,4829	1,5915	4,1177
11:55:00	1,4368	1,5856	1,3579	1,1012	1,098	1,3348	1,5772	2,2003
11:56:00	1,4525	1,4111	1,1984	0,93124	1,0636	1,4042	1,3962	17,77
11:57:00	1,4174	1,2906	1,1138	0,77376	1,0108	1,4325	1,7338	14,627
11:58:00	1,3001	1,2005	1,0708	0,76173	0,84726	1,4458	1,5187	8,3671
11:59:00	1,6225	1,2433	1,3686	0,8481	1,0468	1,5714	1,624	8,0314
12:00:00	1,8119	1,3335	1,2017	0,82271	0,99555	1,2547	1,5917	8,0021
12:01:00	1,3789	1,2044	1,0594	0,833	0,95979	1,1949	1,0984	8,3408
12:02:00	1,196	1,107	1,1107	0,82881	0,93765	1,0934	1,1495	16,677
12:03:00	1,2762	1,1353	1,1879	0,85377	1,0054	1,2482	1,2801	11,913

12:04:00	1,4901	1,437	1,2889	0,95361	1,2847	1,5303	1,7343	4,4401
12:05:00	1,6369	1,7888	1,6051	1,0633	1,6009	2,0641	1,8209	3,1459
12:06:00	2,4329	2,1219	1,6455	1,0055	1,6404	2,0422	2,2727	3,0192
12:07:00	1,8966	2,1981	1,8585	1,1812	1,6338	2,2174	2,1101	3,9907
12:08:00	2,3959	2,3315	1,8092	1,2041	1,6491	1,7374	1,9845	3,5933
12:09:00	1,6369	1,7731	1,3924	0,93284	1,1248	1,5192	1,3294	1,7158
12:10:00	1,5226	1,7576	1,6794	1,0173	1,3533	1,9864	1,8266	2,6357
12:11:00	2,2483	2,2536	1,9305	1,1983	1,4802	1,8265	1,7065	2,2384
12:12:00	1,7886	1,5913	1,4682	0,85169	1,0615	1,3091	1,2595	1,5058
12:13:00	1,6467	1,2211	1,1694	0,69513	0,84913	1,2888	1,7186	1,4351
12:14:00	1,4608	1,1385	1,2465	0,86103	0,95753	1,1213	3,2319	1,3653
12:15:00	1,3218	0,90172	1,1388	0,78064	0,834	1,1938	3,2543	1,126
12:16:00	1,1527	0,98032	1,1324	0,91369	0,89826	1,1293	1,265	1,2426
12:17:00	1,2485	1,1735	1,3479	0,98861	1,0527	1,5404	1,5108	1,8733
12:18:00	2,0223	1,6765	1,5503	1,0055	1,3148	1,9493	1,7082	2,1891
12:19:00	2,7115	2,0371	1,8175	1,0563	1,5532	1,867	1,712	2,6712
12:20:00	1,8171	1,9739	1,5866	1,1798	1,4917	1,8513	1,4522	2,927
12:21:00	2,7844	1,8111	1,7743	1,2171	1,6108	1,8279	1,6617	2,8901
12:22:00	6,9282	1,7342	1,5232	1,0388	1,299	1,2418	1,1345	1,6761
12:23:00	1,0384	1,073	0,99976	0,71933	0,74882	1,1194	0,94329	1,1346
12:24:00	1,3055	0,92773	1,0153	0,73506	0,76673	1,0813	0,95447	1,2365
12:25:00	1,6442	1,1559	1,0878	0,7627	1,0663	2,3907	1,4906	2,0799
12:26:00	3,9856	1,5593	1,4321	0,94536	1,2793	3,3019	1,7163	2,0492
12:27:00	3,2032	1,6808	1,5129	1,0117	1,3263	1,8769	1,4256	1,9185
12:28:00	2,0167	1,531	1,4255	0,94629	1,1832	2,4149	1,5999	1,759
12:29:00	3,1962	1,7767	1,7089	0,97574	1,3646	3,4839	1,5032	1,9901
12:30:00	1,7473	1,4393	1,4698	0,92101	1,1854	1,6508	1,3942	1,5923
12:31:00	1,9028	1,3978	1,4071	0,90793	1,0694	1,698	1,5463	1,524
12:32:00	2,3049	1,3864	1,6031	0,925	1,1608	6,0114	1,9131	2,0733
12:33:00	2,4674	2,0552	1,9763	1,2061	1,5613	7,2073	2,1151	2,8225
12:34:00	2,7043	2,1095	1,8569	1,196	1,633	4,5028	1,7876	2,1805
12:35:00	1,8535	1,5831	1,5408	0,98555	1,2013	1,6985	1,4261	1,8736
12:36:00	1,3462	1,3885	1,7251	1,0196	1,1926	1,5178	1,2569	1,8755
12:37:00	1,4871	1,4316	1,5056	0,96943	1,075	1,5434	1,3256	1,741
12:38:00	2,0014	1,6353	1,3319	0,94899	1,2005	4,2387	1,548	1,9281
12:39:00	2,1483	1,8195	1,5835	1,0452	1,426	3,5359	1,7656	2,3593
12:40:00	2,4061	2,113	1,7785	1,1551	1,4941	2,5207	1,5241	2,1294
12:41:00	1,6664	1,6565	1,6389	0,94683	1,3988	2,1233	1,4866	2,2299
12:42:00	2,1837	1,8304	1,6411	1,0916	1,3919	2,3457	1,5818	2,1006
12:43:00	1,8069	1,5801	1,739	1,2135	1,3329	1,8543	1,3834	1,8173
12:44:00	1,8574	1,5165	1,6225	0,9908	1,2811	1,8061	1,4572	1,911
12:45:00	1,9389	1,5723	1,471	1,0374	1,1636	1,6968	1,2938	1,8782
12:46:00	1,5061	1,3426	1,5351	0,9937	1,2078	1,6039	1,4222	1,8967
12:47:00	1,6364	1,5697	1,4463	1,1715	1,1695	1,7243	1,5675	2,2707
12:48:00	2,0277	1,9765	1,7549	1,2109	1,5697	3,2113	2,096	2,6912
12:49:00	2,5263	2,3945	1,9417	1,335	1,6269	2,2215	1,6134	2,2307
12:50:00	1,671	1,6434	1,5959	1,0913	1,3476	1,6806	1,3921	1,7247
12:51:00	1,6269	1,6162	1,6096	1,0482	1,3887	1,7727	1,5661	1,9926
12:52:00	2,171	1,7529	1,6746	1,0286	1,4155	1,9508	1,5771	2,1593
12:53:00	1,982	1,8356	1,7127	1,1541	1,4921	1,8308	1,571	2,3719
12:54:00	1,7487	1,7059	1,6234	1,1879	1,3852	1,8314	1,3787	2,1397
12:55:00	1,8645	1,6217	1,5887	1,1754	1,2942	1,7806	1,3728	1,9445
12:56:00	1,828	1,6582	1,5877	1,089	1,3229	1,7253	1,2743	1,9172
12:57:00	1,6597	1,5288	1,5573	1,1042	1,4026	1,8275	1,3246	2,0983
12:58:00	1,6531	1,6226	1,872	1,3682	1,8223	2,4023	1,8673	2,9248
12:59:00	2,4089	2,2952	2,1317	1,4069	1,8885	2,758	2,7875	2,9989
13:00:00	2,6699	2,4313	2,2331	1,419	1,802	2,4674	3,7082	2,9307

MANGUEIRA								
CÉU ENCOBERTO – 26/07/2013								
HORÁRIO	SUL	SUDESTE	NOROESTE	NORTE	NORDESTE	LESTE	OESTE	SUDOESTE
11:00:00	2,5765	2,779	2,6475	1,8067	2,5137	3,8641	2,1312	3,1843
11:01:00	2,5921	2,7783	2,6179	1,7792	2,4837	3,8076	2,1651	3,2303
11:02:00	2,6331	2,7874	2,631	1,7743	2,4624	3,7523	2,1591	3,2495
11:03:00	2,647	2,7775	2,5743	1,7597	2,4265	3,6875	2,1024	3,1468
11:04:00	2,5853	2,7517	2,5304	1,7198	2,4035	3,6673	2,0479	3,0803
11:05:00	2,5098	2,7132	2,5182	1,7121	2,4213	3,717	2,0584	3,1074
11:06:00	2,5389	2,6988	2,4809	1,7492	2,44	3,714	2,0527	3,1238
11:07:00	2,569	2,6757	2,4793	1,7747	2,4616	3,7918	2,0654	3,1636
11:08:00	2,5811	2,6879	2,5673	1,7905	2,5234	3,915	2,173	3,2481
11:09:00	2,6608	2,7949	2,572	1,8273	2,5593	3,9814	2,1946	3,258
11:10:00	2,706	2,8677	2,5816	1,8452	2,6069	4,1288	2,2518	3,2693
11:11:00	2,7231	2,9284	2,6637	1,8852	2,6615	4,2208	2,3972	3,4502
11:12:00	2,8005	3,0471	2,7391	1,8915	2,6586	4,1132	2,4408	3,6163
11:13:00	2,8984	2,9414	2,6289	1,8179	2,4879	3,6777	2,1992	3,3328
11:14:00	2,6747	2,7099	2,3801	1,6634	2,2165	3,2475	1,9316	2,8168
11:15:00	2,3465	2,4281	2,2163	1,5542	2,0068	3,0987	1,7777	2,5829
11:16:00	2,1243	2,3242	2,2265	1,5469	2,0509	3,1992	1,8069	2,5886
11:17:00	2,1281	2,383	2,2234	1,6195	2,0703	3,2763	1,8458	2,6558
11:18:00	2,183	2,4897	2,2639	1,6482	2,1492	3,4136	1,9421	2,828
11:19:00	2,2939	2,5727	2,3654	1,6776	2,2176	3,5582	1,9917	2,9834
11:20:00	2,4689	2,6102	2,3941	1,6978	2,2887	3,5572	1,9556	2,9626
11:21:00	2,4451	2,6181	2,3923	1,7306	2,302	3,567	1,8759	2,84
11:22:00	2,3218	2,6272	2,4315	1,7505	2,3263	3,7455	1,9063	2,7989
11:23:00	2,3094	2,7731	2,5188	1,7389	2,3778	3,9658	2,0838	2,9143
11:24:00	2,431	3,0117	2,6459	1,7613	2,4638	4,3654	2,3286	3,3183
11:25:00	2,77	3,2476	2,8119	1,7694	2,562	4,5726	2,5253	3,5503
11:26:00	3,0764	3,496	2,8919	1,8073	2,6506	4,6848	2,8134	3,8521
11:27:00	3,4001	3,6683	2,9601	1,8335	2,7356	4,8193	2,9946	4,1704
11:28:00	3,9939	3,8879	3,255	1,8045	2,9953	4,9426	3,0879	4,567
11:29:00	4,4884	4,0404	3,9146	1,7787	3,1999	4,9982	3,2217	4,9337
11:30:00	5,1573	4,0803	5,1508	1,7947	3,7714	4,911	3,2621	5,5057
11:31:00	6,3928	4,0823	10,509	1,9056	7,2926	4,8659	3,3459	5,7318
11:32:00	5,7113	3,9356	11,961	1,9509	7,7384	4,7972	3,0562	4,9647
11:33:00	4,1745	3,6262	3,6375	1,8753	3,2596	4,7479	2,9765	4,8016
11:34:00	4,6444	3,8117	3,6303	1,9361	3,4332	4,8762	3,0199	5,1746
11:35:00	4,4369	3,9143	3,6964	1,9691	3,3581	4,9165	3,0157	5,0302
11:36:00	4,5331	3,949	3,339	2,0438	3,228	5,1681	3,2222	5,3678
11:37:00	4,8519	4,0806	3,4444	2,0834	3,3887	5,1569	3,2814	5,916
11:38:00	5,3582	4,0037	3,4302	2,0378	3,5355	5,1381	3,3108	6,5619
11:39:00	6,3119	4,0303	3,3538	2,0616	3,6518	5,1446	3,2853	6,7491
11:40:00	5,6604	3,9161	3,2443	2,0762	3,5244	5,0293	3,2056	6,3555
11:41:00	4,3125	3,7122	3,0409	2,0109	3,114	4,8167	3,0237	4,9357
11:42:00	3,9525	3,5199	2,9754	1,8912	2,8591	4,6428	2,9018	4,7294
11:43:00	4,2132	3,611	2,9748	1,8633	2,8096	4,9287	3,0746	7,5691
11:44:00	5,4426	3,8942	3,0254	1,9187	3,1823	4,941	3,2713	11,277
11:45:00	5,9789	3,9212	3,0139	2,0174	3,3722	4,4823	2,9903	9,0282
11:46:00	4,1985	3,192	2,6336	1,7532	2,5872	3,772	2,5636	4,1381
11:47:00	2,9787	2,7867	2,3287	1,5593	2,2218	3,308	2,3625	3,3422
11:48:00	2,8037	2,6538	2,1176	1,4468	2,0413	3,4481	2,4269	4,5106
11:49:00	3,3055	3,0806	2,2048	1,539	2,2038	3,5847	2,3841	5,6255
11:50:00	2,835	2,8598	2,1934	1,5215	2,2308	3,3477	2,1129	2,7767
11:51:00	2,0779	2,6068	2,0586	1,4416	2,0027	3,1507	2,0435	2,7661
11:52:00	2,8545	2,7972	2,2068	1,4105	1,8918	3,2397	2,412	6,1633
11:53:00	3,5472	3,113	2,3555	1,5198	2,1429	3,6574	2,4967	6,0124
11:54:00	3,3905	3,0258	2,3344	1,5655	2,263	3,7077	2,4052	4,0934
11:55:00	3,108	3,0226	2,2649	1,5495	2,1247	4,0422	2,7817	5,0619
11:56:00	4,3527	3,6157	2,6036	1,6704	2,6647	4,3144	3,0734	5,7089
11:57:00	4,1308	3,6267	2,6354	1,6217	2,611	4,0641	2,9584	5,3152
11:58:00	5,3586	3,5475	2,5969	1,5379	2,6028	4,1607	2,938	5,7564
11:59:00	7,7443	3,4596	2,6594	1,667	2,632	4,3478	3,0437	5,6099
12:00:00	11,427	3,6408	2,6974	1,7466	2,6034	4,2807	3,168	5,3031
12:01:00	11,252	3,5829	2,7867	1,7507	2,6094	4,155	2,7996	3,9139
12:02:00	4,7109	3,0852	2,4839	1,672	2,2843	3,1383	2,2342	2,8828

12:03:00	2,2435	2,2273	2,0694	1,4916	1,8852	2,6777	1,819	2,1753
12:04:00	1,9114	2,0261	1,8147	1,3345	1,8204	2,7637	1,632	2,2112
12:05:00	1,968	2,1941	1,9371	1,4455	2,0523	3,6163	2,2368	3,1702
12:06:00	3,6502	2,9497	2,3937	1,5775	2,4565	3,6595	2,9105	3,5645
12:07:00	2,6229	2,3924	2,1707	1,6488	2,2755	3,361	1,8284	2,4157
12:08:00	1,9737	2,4086	2,0789	1,5845	2,0957	3,9155	2,1703	3,1623
12:09:00	3,2401	2,9236	2,5559	1,7469	2,0202	3,8478	11,066	3,547
12:10:00	3,4745	2,868	2,1728	1,6762	1,8941	3,1275	19,865	2,9841
12:11:00	3,332	2,7175	2,2254	1,6341	1,9635	3,6174	13,523	2,8414
12:12:00	3,5508	2,6414	2,3141	1,6475	1,9929	3,3617	20,725	2,8015
12:13:00	6,7973	2,6098	2,3347	1,6785	2,0953	3,5899	46,146	3,1112
12:14:00	24,397	2,9992	2,6747	1,6253	2,2858	3,6289	16,49	3,4361
12:15:00	25,961	2,7497	2,4912	1,5456	2,1344	3,0268	2,9589	2,9274
12:16:00	3,6122	2,1359	2,1111	1,4655	1,993	3,2992	2,2013	2,8462
12:17:00	2,8636	2,6929	2,0901	1,5046	2,2818	4,2004	2,7977	3,5583
12:18:00	54,874	3,1284	2,6967	1,9259	2,5976	4,3839	2,9151	3,2585
12:19:00	23,684	2,7111	2,6077	1,7653	2,1655	2,8297	2,4997	2,4306
12:20:00	6,6514	2,3768	2,0101	1,3199	1,6418	2,5929	2,2314	2,5474
12:21:00	33,608	2,446	2,1282	1,2824	1,7949	2,9627	2,7556	2,5884
12:22:00	29,808	2,1825	2,0262	1,3708	1,5682	2,3525	2,0863	2,0254
12:23:00	7,3016	1,6226	1,6773	1,1921	1,2263	8,6334	2,7175	2,2548
12:24:00	10,897	1,5929	1,8715	1,3332	1,2597	7,4246	3,0583	2,0252
12:25:00	3,4359	2,0191	2,0598	1,4658	1,5742	4,1251	3,5561	2,1026
12:26:00	2,5122	2,0755	2,0375	1,431	1,6157	7,4531	5,7168	2,6933
12:27:00	3,6206	2,2433	2,4672	1,4661	1,8637	6,1767	3,4449	2,5029
12:28:00	3,2185	2,1583	2,5884	1,3836	1,7102	3,3092	2,0914	2,63
12:29:00	3,3323	1,7711	2,1921	1,2638	1,6932	3,3539	1,8029	2,4206
12:30:00	2,4443	1,9528	11,674	1,2623	1,7002	4,4969	2,8652	2,1153
12:31:00	1,8466	1,6887	18,071	1,3863	1,4384	1,6881	1,3339	1,4973
12:32:00	1,5881	1,4191	1,2017	0,8363	0,96861	5,0446	1,5772	1,4558
12:33:00	2,4392	1,354	20,601	0,88873	1,033	15,571	1,4104	1,6818
12:34:00	7,505	1,4575	33,848	1,2193	1,2707	17,945	1,568	1,7329
12:35:00	30,814	1,9148	28,672	1,3665	1,4593	15,283	2,0218	1,9307
12:36:00	44,394	2,1619	28,225	1,4902	1,7088	6,9512	2,2486	2,3938
12:37:00	42,46	2,637	16,974	1,5878	1,917	3,9265	1,977	2,3172
12:38:00	6,496	1,8493	2,7579	1,2425	1,6253	2,4723	1,5245	1,6893
12:39:00	1,5672	1,9026	1,6814	1,2319	1,6572	2,888	1,8011	2,0366
12:40:00	4,582	2,1492	1,9167	1,108	1,5029	2,168	1,6376	1,9529
12:41:00	1,8691	1,4093	1,2572	0,75435	1,0548	1,1951	1,0421	1,1041
12:42:00	0,95553	0,93895	1,0232	0,66458	0,88015	1,0833	1,0066	1,1798
12:43:00	1,4683	1,1293	1,1461	0,78135	0,93337	1,6017	6,5793	1,8096
12:44:00	2,0708	1,622	1,4228	0,94299	1,2179	1,804	8,0329	1,4341
12:45:00	1,7954	1,3896	1,26	0,8952	1,0776	1,7609	3,7776	1,4185
12:46:00	1,6097	1,4091	1,3968	0,89981	1,1598	1,6704	2,7034	1,4591
12:47:00	1,5028	1,3342	1,341	0,91981	1,0507	1,7287	1,302	1,5825
12:48:00	1,5036	1,3948	1,4677	1,0883	1,2131	2,4502	1,4659	1,7856
12:49:00	1,6506	1,9773	1,9575	1,4874	1,5584	2,7756	1,9305	2,0583
12:50:00	2,0728	2,0452	2,0224	1,3394	1,451	1,6518	1,4389	1,3861
12:51:00	1,3785	1,3288	1,377	0,76072	0,88635	1,4797	1,4306	1,6259
12:52:00	1,959	1,6354	1,6059	0,89879	1,1002	2,5903	1,7125	2,2144
12:53:00	2,1351	1,6174	1,6705	1,108	1,2832	2,3137	1,6503	1,9496
12:54:00	1,8175	1,7418	1,5836	0,96152	1,3519	4,3472	1,7822	2,2002
12:55:00	2,2294	2,2908	2,0081	1,2646	1,624	8,939	1,9674	2,3861
12:56:00	1,9902	1,9372	1,9261	1,1712	1,461	2,1358	1,5682	1,8695
12:57:00	1,5994	1,4664	1,4438	0,92491	1,0473	1,8206	1,4168	1,8214
12:58:00	1,6178	1,652	1,5573	0,95042	0,93612	4,8566	1,4519	1,5186
12:59:00	1,4454	1,3654	1,5641	0,9949	0,98187	17,245	1,4509	1,5916
13:00:00	1,3502	1,3635	1,6605	1,181	1,229	25,299	1,6222	1,7585

PAU-BRASIL								
CÉU CLARO – 22/07/2013								
HORÁRIO	SUL	SUDESTE	NOROESTE	NORTE	NORDESTE	LESTE	OESTE	SUDOESTE
11:00:00	3,3254	2,0089	3,8333	2,0934	2,2624	2,6084	64,103	3,6049
11:01:00	2,2112	2,9358	3,2081	2,0858	4,065	2,5061	44,63	3,1743
11:02:00	1,7157	21,825	2,9732	1,9345	3,7475	1,9277	6,1113	6,4597
11:03:00	2,0791	28,961	3,6037	2,0132	3,3134	1,9958	4,9268	3,461
11:04:00	3,7409	37,649	6,816	2,1425	3,2621	2,0541	4,2576	4,3629
11:05:00	3,2197	25,713	2,4606	2,3049	2,9664	1,9796	2,7473	4,8949
11:06:00	2,2751	37,754	2,3032	2,2913	3,3465	1,9438	2,5013	3,5119
11:07:00	1,6445	7,9863	2,1359	2,2277	6,535	1,7744	2,6195	2,68
11:08:00	1,5347	2,3115	2,0296	2,137	8,6588	1,6507	1,8883	3,3725
11:09:00	1,5087	2,0205	1,9626	2,039	5,2469	1,834	2,0745	1,883
11:10:00	1,6235	1,6965	2,1749	2,0853	8,5052	2,0664	2,1629	2,0334
11:11:00	1,7072	1,8891	2,306	2,0999	18,593	1,9945	2,106	1,8762
11:12:00	1,6768	2,0487	2,0977	2,0331	17,06	1,8678	2,0909	2,3127
11:13:00	2,0233	2,2053	2,0546	2,0764	15,514	1,9305	2,1023	1,9357
11:14:00	1,7467	6,3966	2,0502	2,0296	4,0627	1,7062	2,0876	2,2668
11:15:00	1,643	8,8658	2,0668	1,9747	5,5231	1,7114	2,0851	1,702
11:16:00	1,5733	10,908	2,0694	1,9198	2,8595	1,791	2,1219	1,7807
11:17:00	1,7674	2,8114	2,0946	2,0037	2,9882	1,8275	2,0291	1,8271
11:18:00	1,5844	2,4664	2,0013	1,9731	4,5764	1,9037	2,142	2,0688
11:19:00	1,633	3,5204	2,0439	2,1093	5,2659	1,8765	2,0056	1,9164
11:20:00	1,6032	3,0445	2,0276	2,0603	6,6985	1,7843	1,9102	1,7248
11:21:00	1,7865	3,567	1,9964	2,0432	3,817	1,8073	1,9999	2,0533
11:22:00	1,8204	2,878	2,0557	2,0597	1,9121	1,882	2,0497	2,0663
11:23:00	2,1499	2,1605	2,09	2,2254	1,9191	1,7573	2,0829	2,0344
11:24:00	2,2463	2,0162	1,9803	2,0353	1,7762	1,8552	2,2572	2,476
11:25:00	2,2055	3,2546	2,1529	1,9918	1,9021	1,6845	2,0264	1,8112
11:26:00	1,6435	2,2124	2,3284	1,9878	1,6332	1,8825	2,0945	1,8801
11:27:00	1,6254	1,8827	2,2303	2,2219	1,7286	1,7209	1,9545	1,7187
11:28:00	1,631	1,7151	3,0723	2,2016	1,7232	1,7253	1,9167	1,7013
11:29:00	1,6148	1,4687	2,1299	2,1844	1,7514	1,6971	2,1387	1,6924
11:30:00	1,5662	1,4597	2,9162	2,0909	1,7298	1,747	1,996	1,7215
11:31:00	1,6218	1,4963	2,6361	2,0406	1,7161	1,7891	2,2614	2,1601
11:32:00	1,5882	1,5589	3,2432	2,0159	1,7379	1,782	2,1192	1,9975
11:33:00	1,6172	1,5513	3,5598	2,1484	1,7248	1,8288	2,1684	1,9574
11:34:00	1,6156	1,5538	5,9951	2,1688	1,8966	1,7902	2,157	1,9448
11:35:00	1,6978	1,5304	4,034	2,1418	1,8243	1,7951	2,1444	1,876
11:36:00	2,0728	1,5757	2,8907	2,1742	1,8305	1,826	2,161	2,0291
11:37:00	1,9709	1,842	2,1569	2,245	1,8653	1,7824	2,0752	1,9109
11:38:00	1,6986	1,6238	2,0639	2,0185	1,7539	1,7919	2,7041	1,7356
11:39:00	1,7181	1,5989	2,1135	1,9879	1,7364	1,7497	2,1761	1,7578
11:40:00	1,8689	1,5618	2,1599	1,9748	1,6925	1,7972	2,4724	2,0429
11:41:00	1,9054	1,5551	2,0539	2,0154	1,7624	1,7968	2,3474	1,8882
11:42:00	1,8201	1,4903	2,0365	2,142	1,8136	1,8531	3,4619	1,8224
11:43:00	1,7218	1,4488	1,9876	2,0325	1,7001	1,8502	3,2531	2,0813
11:44:00	2,0778	1,4173	2,0547	2,1582	1,7907	1,8833	2,525	2,0345
11:45:00	1,7627	1,4929	2,1382	2,5799	1,7761	1,7043	9,4216	1,7707
11:46:00	1,6687	1,421	2,0279	2,2228	1,6786	1,6833	9,2649	1,7749
11:47:00	1,7532	1,4334	2,0213	2,2432	1,6839	2,22	6,2475	1,9499
11:48:00	1,9183	1,5113	2,0502	2,5482	1,6387	2,6523	16,562	1,9331
11:49:00	1,7865	1,5611	1,9838	1,9948	1,6817	1,6959	24,338	1,7225
11:50:00	1,606	1,4947	1,9189	2,0009	1,6603	1,7155	6,8449	1,6912
11:51:00	1,6047	1,4569	1,869	1,8905	1,6057	1,6596	3,4656	1,6967
11:52:00	1,777	1,4473	1,9265	1,9029	1,5824	1,6599	2,276	1,9081
11:53:00	1,9082	1,433	1,9153	1,9302	1,6102	1,6873	2,2553	2,2007
11:54:00	2,5226	1,5009	2,0657	1,9927	1,6702	1,8688	2,4306	2,6511
11:55:00	2,5369	1,4859	2,0708	2,075	1,7344	1,8796	2,5376	3,0646
11:56:00	1,695	1,3874	1,8598	2,0407	1,6437	1,6146	1,9223	3,2325
11:57:00	1,7058	1,4223	1,9279	2,0838	1,5813	2,0569	1,9695	3,3578
11:58:00	1,8228	1,442	1,9089	1,9694	1,5597	1,6575	1,9822	3,4327
11:59:00	1,7013	1,4003	2,4455	1,9833	1,5571	1,6331	1,972	6,3351
12:00:00	1,8366	1,4306	1,9958	1,9961	1,6142	1,7036	1,9495	3,9533
12:01:00	1,6296	1,4465	1,9297	2,0479	1,6124	1,6289	1,8982	1,9723
12:02:00	1,5863	1,3709	1,9078	1,9978	1,5798	1,6176	1,8947	8,2762
12:03:00	1,5758	1,3603	1,9386	1,9777	1,5639	1,5935	1,9145	28,532

12:04:00	1,765	1,3615	1,9438	1,9087	1,5676	1,6028	3,9371	18,843
12:05:00	1,7225	1,3933	1,9421	1,8807	1,8111	1,6084	4,0996	12,249
12:06:00	1,6058	1,3743	2,0684	1,8889	2,4317	1,6018	14,71	9,9261
12:07:00	1,6057	2,6045	1,8451	1,8635	3,6007	2,637	3,0542	8,3805
12:08:00	1,6088	6,9928	1,8869	1,8584	3,4319	6,5766	1,9058	3,7192
12:09:00	1,6796	9,5314	1,8843	2,848	3,5316	9,3992	1,9539	2,9135
12:10:00	1,6177	13,737	1,8953	2,0251	3,6195	8,2391	5,7148	8,0409
12:11:00	1,5987	13,402	1,8682	1,9878	1,5734	10,53	11,755	5,7668
12:12:00	1,6283	12,393	1,8483	1,9443	1,5428	10,314	13,04	12,197
12:13:00	1,627	3,0165	1,8725	1,8914	1,68	6,5856	23,415	19,344
12:14:00	1,6151	1,4195	1,9416	1,887	1,746	2,2654	3,1831	33,998
12:15:00	1,7859	1,3308	1,8798	1,8766	2,0088	1,7976	1,8338	55,88
12:16:00	2,0335	1,3232	1,8505	1,8636	1,765	3,5587	1,8268	46,752
12:17:00	3,0139	1,3118	1,856	1,8546	1,9278	2,7401	1,8647	23,216
12:18:00	2,733	1,3291	1,8263	1,8515	2,1942	3,3248	1,8162	28,506
12:19:00	4,3421	1,3109	1,8326	1,8359	3,2761	5,7127	1,8119	15,618
12:20:00	8,6022	1,3042	1,8692	1,8685	2,0675	10,414	1,8314	6,1235
12:21:00	11,719	1,3006	1,9712	1,8801	2,1397	10,327	1,8283	7,1709
12:22:00	15,78	1,2947	1,8705	1,8824	2,143	8,5935	1,8098	9,4003
12:23:00	11,392	1,2942	1,8472	1,8506	2,2941	2,7495	1,8075	7,0692
12:24:00	6,7421	1,2916	1,8455	1,8652	2,1555	1,7925	1,8034	3,0742
12:25:00	3,5764	1,2956	1,837	1,8654	2,7208	3,1678	1,7944	4,5351
12:26:00	5,7852	1,2987	1,8347	1,8369	3,6585	10,922	1,8096	11,969
12:27:00	4,0379	1,3569	1,8317	1,8837	8,3114	17,393	1,8177	23,272
12:28:00	4,7497	1,3712	1,841	2,0982	13,807	5,6207	1,8124	16,077
12:29:00	6,2878	1,9756	1,848	2,1036	7,3714	2,5525	1,8264	11,279
12:30:00	3,5893	2,8769	1,8556	2,0281	5,9212	1,5774	1,8699	3,1556
12:31:00	8,8974	1,8316	1,8769	5,1127	8,7763	1,6475	1,8725	2,9899
12:32:00	2,4351	2,6611	1,8568	2,6355	9,0946	1,8636	1,8542	1,7481
12:33:00	3,7138	1,4007	1,8665	3,6897	14,97	2,6058	1,8476	1,7087
12:34:00	3,7951	2,1512	1,8714	6,7867	12,981	3,9142	1,8367	2,3822
12:35:00	3,0925	6,1228	1,8529	14	6,7885	2,0267	1,8372	4,8733
12:36:00	4,0994	3,0947	1,8503	25,494	8,6781	1,5293	1,8413	2,4927
12:37:00	3,6973	5,1269	1,8518	18,045	7,2589	1,7063	1,8515	2,6263
12:38:00	10,527	1,5369	1,9341	20,958	14,717	1,4748	2,2004	2,128
12:39:00	28,584	1,398	1,8566	19,027	15,614	1,4959	1,8537	1,7319
12:40:00	46,792	1,4754	1,8702	9,7731	14,441	1,4694	1,9231	1,6685
12:41:00	48,575	1,6202	1,8917	7,4583	2,372	1,4734	1,8903	1,8111
12:42:00	52,329	1,431	1,8901	8,9128	1,5887	1,4746	1,8909	1,7712
12:43:00	48,766	1,6406	1,8965	13,308	1,6965	1,474	1,9147	1,717
12:44:00	50,521	1,3218	1,8906	16,972	1,8279	1,478	1,9544	1,6735
12:45:00	53,999	1,3262	1,8912	24,797	4,0555	1,4821	2,1785	1,679
12:46:00	38,423	1,3314	1,8935	17,349	11,911	1,4785	1,9629	2,3176
12:47:00	7,824	1,3778	1,9098	10,26	10,945	1,4911	2,0426	2,5557
12:48:00	3,3447	1,427	1,9209	4,4987	26,735	1,5078	2,2825	1,9193
12:49:00	5,1355	1,3844	1,953	2,9108	49,767	1,493	3,4287	1,8912
12:50:00	2,7251	1,4112	1,962	2,6659	45,537	1,4924	8,148	2,0387
12:51:00	2,3526	1,7891	1,9711	4,6932	27,906	1,5018	9,622	1,9186
12:52:00	1,7309	2,6381	1,9605	2,2873	4,5733	1,4348	13,596	1,9732
12:53:00	1,6618	5,7242	1,8245	2,3622	3,5716	1,4798	3,6019	3,0541
12:54:00	1,6983	22,612	2,0107	3,2723	3,3816	1,4659	3,4483	2,7243
12:55:00	1,9122	15,983	2,6113	3,4033	2,5177	1,5427	6,4686	4,3575
12:56:00	1,7421	21,09	2,3978	2,7005	2,5241	1,525	12,856	3,1798
12:57:00	1,7399	14,122	2,0924	2,048	1,8205	2,9874	20,834	3,5863
12:58:00	1,6246	6,8464	2,2999	2,0413	1,5047	16,774	44,175	3,4599
12:59:00	1,6225	4,0297	2,0643	2,2524	1,5037	29,181	30,931	3,3622
13:00:00	1,6861	3,772	2,0123	2,1021	1,5353	7,84	16,472	2,8717

PAU-BRASIL**CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO – 25/07/2013**

HORÁRIO	SUL	SUDESTE	NOROESTE	NORTE	NORDESTE	LESTE	OESTE	SUDOESTE
11:00:00	2,1257	7,1918	2,8848	2,6725	5,0491	2,6403	32,049	32,626
11:01:00	2,0227	21,343	2,7912	2,6402	7,069	2,6297	32,403	25,681
11:02:00	1,8685	31,144	2,5966	2,5705	5,5875	2,2067	35,105	14,169
11:03:00	1,8434	38,762	2,6438	2,5565	5,1636	2,1638	57,148	9,8485
11:04:00	1,854	16,897	2,6299	2,5189	7,2919	2,2768	47,725	8,5475
11:05:00	1,8007	3,9281	2,5999	2,5229	22,956	2,1638	62,417	12,478
11:06:00	1,8232	2,2383	2,8114	2,5593	49,083	2,0437	37,484	5,3974
11:07:00	1,8157	1,9066	3,3493	2,6583	24,484	2,1449	25,502	6,3422
11:08:00	1,7889	2,1498	3,4192	2,7253	15,274	2,6546	8,4807	4,4092
11:09:00	1,8115	2,2358	2,7168	2,6245	5,6366	3,7062	4,0481	2,5134
11:10:00	1,9494	2,7025	2,6128	2,6577	4,0133	2,5698	3,6266	1,9828
11:11:00	1,7311	2,7059	2,2643	2,2606	3,0758	3,7015	2,7398	2,4399
11:12:00	2,3554	3,4531	2,7681	2,8332	6,3438	4,3215	2,6619	2,4039
11:13:00	2,2213	3,8043	2,7513	2,8425	4,5563	5,8412	2,9083	2,5399
11:14:00	2,4678	2,7567	2,9804	2,985	7,1377	3,354	3,585	2,6868
11:15:00	2,2529	3,5262	2,9035	2,9328	4,1982	3,3719	3,3037	2,6792
11:16:00	2,2339	2,9153	3,3683	3,4821	4,0568	3,3113	3,0215	2,423
11:17:00	2,1915	2,9728	3,3408	3,3313	2,5254	3,1723	3,1137	2,6547
11:18:00	2,0837	3,2689	2,9868	2,9131	2,3774	3,4813	2,8063	2,3855
11:19:00	2,0348	2,8204	2,9035	2,7663	2,2137	3,4942	2,7303	2,1787
11:20:00	1,9674	1,9409	2,7766	2,6675	2,1228	3,0109	2,6806	2,1855
11:21:00	2,1897	2,3217	2,6378	2,5482	2,0999	4,2341	2,6083	2,3286
11:22:00	2,3775	2,0389	2,6109	2,466	2,104	2,9743	2,473	2,3421
11:23:00	1,9772	1,8649	2,5005	2,4278	2,0752	7,2985	2,4156	2,1569
11:24:00	1,863	1,7593	2,4748	2,3889	2,0579	3,2483	2,4364	2,0685
11:25:00	1,9084	1,8423	2,4866	2,4177	2,0526	2,1456	2,4182	2,079
11:26:00	1,9532	1,9174	2,5351	2,5307	2,0907	2,1844	2,4641	2,0775
11:27:00	1,8679	1,8893	2,5548	2,5864	2,1476	2,2151	2,6532	2,0545
11:28:00	1,8699	1,8568	3,237	2,5769	2,2085	2,2459	2,8115	2,1621
11:29:00	1,9601	1,8494	2,72	2,727	2,1762	2,1682	2,7157	2,3346
11:30:00	2,3523	1,8764	2,8976	2,5865	2,1026	2,2186	2,6661	2,5042
11:31:00	2,4317	1,9306	2,9738	2,6021	2,212	2,4039	2,7	2,8891
11:32:00	2,1876	1,9134	3,6059	2,6451	2,3141	2,3209	2,6836	2,299
11:33:00	1,9118	1,8202	3,7762	2,7531	2,1848	2,078	2,5605	2,058
11:34:00	2,0509	1,7829	5,4623	2,5763	2,1057	2,2285	2,6932	2,379
11:35:00	2,205	1,8808	3,6935	2,6763	2,2583	2,3857	3,8776	2,3828
11:36:00	2,507	1,9638	3,2859	2,772	2,2769	6,1011	3,0037	3,2637
11:37:00	2,332	2,5258	4,3726	2,8166	2,2746	2,6627	2,8034	2,2856
11:38:00	2,1854	1,9718	4,0287	2,6955	2,188	3,1003	2,7625	2,2757
11:39:00	2,3595	1,9098	3,1809	2,6496	2,1912	3,3514	2,7958	2,3118
11:40:00	2,2279	1,9919	3,0215	2,6945	2,1997	3,9171	2,8568	2,7059
11:41:00	2,3328	2,3612	2,7258	2,9006	2,2857	2,6712	2,7099	2,5632
11:42:00	2,2113	2,5442	2,9487	3,1418	2,5035	2,8511	2,7627	2,5213
11:43:00	2,2741	2,2043	2,961	3,2244	2,3881	5,6943	3,273	2,6353
11:44:00	3,2682	2,586	3,1787	3,2737	2,3974	9,2958	3,6773	3,6697
11:45:00	3,4817	2,6525	3,2181	3,2448	2,6325	4,5986	3,3813	3,3152
11:46:00	3,4869	3,2186	3,6116	3,6179	2,7244	3,436	3,4243	2,9933
11:47:00	2,2717	2,1106	3,1888	3,1846	2,4435	3,8465	3,6031	2,6577
11:48:00	2,6313	2,2656	3,5268	3,6565	2,337	7,1972	4,3111	3,4794
11:49:00	2,8071	2,2632	3,9366	3,8334	2,5784	6,844	5,1905	3,3883
11:50:00	3,1443	2,3163	3,8299	3,7542	2,6952	4,1018	6,2607	3,4193
11:51:00	2,8628	2,399	3,8563	3,7471	2,6119	3,6346	10,366	3,0786
11:52:00	2,9213	2,4144	3,777	3,4808	2,4537	3,2798	11,532	2,9114
11:53:00	3,4833	2,3388	3,8886	3,5037	2,462	2,7124	6,9094	3,1123
11:54:00	3,2066	2,366	3,7062	3,669	2,4427	6,7606	6,2478	3,2601
11:55:00	2,9738	2,3058	3,7264	3,368	2,5211	2,3951	2,992	2,566
11:56:00	1,7059	1,7047	2,821	2,9116	1,852	2,7407	2,9406	2,0464
11:57:00	2,0246	1,9611	3,0481	3,1947	1,9009	3,6678	6,7394	2,9222
11:58:00	2,1048	2,1164	3,1426	3,4115	2,3137	2,4175	5,7435	3,896
11:59:00	2,0375	2,0773	2,8315	3,3014	2,1452	2,3664	17,513	9,3399
12:00:00	2,0938	2,0534	2,9247	3,205	2,4059	2,554	14,622	10,045
12:01:00	2,289	1,9879	3,1275	3,1596	2,471	3,3079	7,6783	14,233
12:02:00	2,2982	2,198	4,0426	3,2066	3,4207	3,4407	3,5979	15,141
12:03:00	2,0473	2,0936	4,0245	3,0254	3,3425	2,072	3,0943	9,5858

12:04:00	2,1706	2,2375	3,4692	2,9205	2,9326	2,5473	3,6258	18,111
12:05:00	2,9368	2,116	3,4429	3,0987	2,6283	2,6322	3,2309	21,242
12:06:00	2,7246	2,0255	3,4138	2,9599	2,3815	2,3314	2,9917	7,5962
12:07:00	2,2191	2,0425	3,0323	2,8286	3,6813	2,4337	3,0314	3,6732
12:08:00	2,9533	2,1594	2,9858	2,8794	6,2612	2,736	3,2522	3,5102
12:09:00	3,8662	2,3135	3,149	3,131	4,128	2,6876	3,8831	3,7819
12:10:00	3,7879	2,2716	3,1965	3,3983	6,258	2,6507	3,8966	3,8805
12:11:00	4,5015	2,3974	3,5879	3,8318	9,5145	3,1101	5,8738	5,3531
12:12:00	4,4547	2,4553	3,739	3,5332	3,5335	4,0081	11,446	5,8863
12:13:00	3,7734	2,3354	3,7599	3,9505	3,9186	10,885	60,619	6,7923
12:14:00	3,5752	2,4028	3,8203	4,6547	3,1193	7,7791	70,105	5,3623
12:15:00	3,0129	2,2744	3,9893	4,9809	3,4927	3,6093	6,2163	4,0781
12:16:00	2,7034	1,9501	3,6669	3,5753	4,1274	2,0484	3,4864	2,4199
12:17:00	10,03	1,9239	3,4366	3,2794	2,3203	2,6095	5,6885	3,1367
12:18:00	31,966	2,2059	3,7899	3,659	3,1729	3,0572	5,7519	4,3027
12:19:00	29,666	2,2761	3,8922	3,8543	3,9624	3,0888	5,507	3,8209
12:20:00	11,772	2,3975	3,7512	3,8835	3,2028	2,9933	3,7153	3,5226
12:21:00	3,4503	2,1911	3,5029	3,6513	2,8112	2,2675	3,3157	2,8207
12:22:00	7,8484	2,1214	3,3621	3,5329	2,3056	2,7714	3,73	2,9352
12:23:00	5,3896	3,2384	3,6325	3,7849	4,5782	2,7252	3,4326	3,2177
12:24:00	2,8408	2,9883	3,3913	3,7694	4,8059	2,9143	3,8036	4,8966
12:25:00	3,1349	4,8607	3,7973	3,9688	12,376	2,208	3,374	2,6541
12:26:00	1,9445	1,672	3,3387	3,2705	2,0904	2,4632	3,5965	2,7312
12:27:00	3,8122	2,8727	3,7186	3,9167	10,87	2,603	3,7008	3,2176
12:28:00	3,468	2,4686	3,5963	4,0085	7,1753	2,233	3,3576	2,7685
12:29:00	2,4915	1,8267	3,2344	3,3633	3,4694	1,6978	2,7833	1,9709
12:30:00	3,4148	1,848	3,2026	3,0438	2,4186	2,3811	3,6733	3,2396
12:31:00	3,5888	2,1397	3,6204	3,9725	3,6387	2,3162	3,5375	3,1359
12:32:00	5,7263	2,1287	3,7559	4,6506	4,4246	2,368	3,4883	3,1486
12:33:00	8,9542	2,0314	3,9728	4,5162	8,6244	2,4321	3,8304	3,3245
12:34:00	9,1238	2,1375	4,1381	4,0073	10,969	2,5122	3,6995	3,1409
12:35:00	17,175	2,077	4,0589	3,8875	7,68	2,4988	3,8896	3,4003
12:36:00	30,81	2,2324	3,9087	6,4571	5,2367	2,555	3,9912	3,5622
12:37:00	42,166	2,4522	3,7478	11,613	3,4633	2,4624	3,9462	4,8855
12:38:00	42,525	2,6071	3,7408	36,594	3,0495	2,4236	3,6942	5,0546
12:39:00	30,857	2,6208	3,8051	38,22	3,6479	2,459	3,5613	4,375
12:40:00	17,479	2,2359	3,7665	20,189	3,9487	2,4212	3,5219	8,8131
12:41:00	8,0318	2,4063	3,8512	15,546	4,9258	2,3894	3,6907	13,384
12:42:00	9,953	2,1996	3,7712	10,648	10,814	2,2254	3,6661	8,6142
12:43:00	7,725	2,1503	3,9422	10,433	17,801	2,5064	3,6871	11,344
12:44:00	4,9591	2,2272	4,0527	14,545	24,55	2,3036	3,4751	8,3122
12:45:00	2,1739	1,8701	3,4503	6,674	6,9276	2,0495	3,2816	3,017
12:46:00	2,2091	2,1525	3,6712	6,0359	4,3765	2,4509	3,8788	12,014
12:47:00	2,6899	2,8605	3,9559	14,891	15,024	2,3921	3,8617	10,648
12:48:00	2,7574	3,1567	4,0707	10,34	4,7805	2,3562	3,9479	12,106
12:49:00	3,5351	2,7712	4,2225	10,886	4,1632	2,8043	4,789	23,976
12:50:00	4,1165	4,7372	4,6244	11,887	4,6036	2,5272	4,4586	5,9264
12:51:00	2,4348	2,7943	4,2138	5,6632	2,8089	1,9699	3,3848	2,5371
12:52:00	1,6611	1,8308	3,4963	3,2543	2,0002	2,1799	3,4217	2,6584
12:53:00	2,8695	8,1998	3,8195	4,7461	2,5652	2,7169	4,9364	4,0122
12:54:00	6,2703	15,254	4,6179	5,4089	3,1737	2,8567	5,0113	4,037
12:55:00	3,8606	5,9128	4,5495	5,2903	2,8587	2,4753	4,2026	2,9
12:56:00	1,9501	2,3685	3,5954	4,0432	2,1054	2,0552	3,1036	1,9004
12:57:00	2,0277	3,4492	3,4603	3,3593	1,9342	2,6694	5,5015	7,5467
12:58:00	18,269	3,8391	4,4995	10,406	2,6975	2,7221	8,8271	5,043
12:59:00	9,3119	3,4605	4,6014	9,0253	2,5822	3,2727	12,386	6,3393
13:00:00	10,19	3,2414	4,7901	5,2756	2,9886	3,3185	9,4305	5,4426

PAU-BRASIL								
CÉU ENCOBERTO – 18/07/2013								
HORÁRIO	SUL	SUDESTE	NOROESTE	NORTE	NORDESTE	LESTE	OESTE	SUDOESTE
11:00:00	6,2972	5,0299	4,7259	4,5428	3,0327	3,8173	5,1891	5,1023
11:01:00	7,445	4,8976	5,3349	4,9762	3,3318	3,9664	5,5388	5,2299
11:02:00	5,7349	4,0205	5,1433	4,9693	3,2742	3,4811	4,8474	3,8055
11:03:00	4,3086	3,3545	4,5519	4,0612	2,722	3,0741	4,1259	3,2481
11:04:00	3,9213	3,2293	4,0579	3,5003	2,3771	3,0542	3,9801	3,5861
11:05:00	4,35	3,7521	3,9304	3,2363	2,354	2,9365	3,8735	3,7362
11:06:00	4,2053	3,5106	3,7775	3,149	2,289	2,5839	3,8375	3,3801
11:07:00	4,1056	2,9755	3,5189	3,0828	2,0705	2,3626	3,8052	3,3589
11:08:00	4,1138	2,5349	3,3582	2,9682	1,9667	2,1813	3,5417	3,0168
11:09:00	3,108	2,3344	3,2176	2,703	1,8867	1,8845	3,0954	2,3614
11:10:00	2,4115	2,1326	2,9877	2,5239	1,6764	1,6039	2,8706	2,0817
11:11:00	2,5139	1,8646	2,8784	2,3275	1,5242	1,4539	2,6997	2,1075
11:12:00	2,6713	1,6202	2,6471	2,1448	1,3989	1,3037	2,3671	1,9831
11:13:00	2,1833	1,4881	2,3494	1,898	1,3053	1,2741	2,0643	1,6917
11:14:00	2,1202	1,4234	2,0708	1,7042	1,2312	1,2969	1,9287	1,6729
11:15:00	2,0237	1,4306	1,8408	1,6103	1,182	1,386	1,7985	1,6009
11:16:00	1,8283	1,4827	1,7229	1,5796	1,1657	1,5181	1,6889	1,4843
11:17:00	1,7542	1,4169	1,6997	1,5765	1,1179	1,6101	1,6316	1,4626
11:18:00	1,7336	1,9203	1,7444	1,7457	1,217	1,7514	1,7517	1,5177
11:19:00	1,9294	2,2342	2,0271	2,0073	1,4329	2,0488	2,0283	1,7898
11:20:00	2,2821	2,3716	2,3555	2,3297	1,6964	2,2737	2,3927	2,2376
11:21:00	3,0665	2,4542	2,6713	2,6646	1,9025	2,4471	2,7712	2,9134
11:22:00	3,679	2,5402	3,0349	2,9685	2,0999	2,4718	2,9934	3,04
11:23:00	3,6906	2,5303	3,1728	3,1052	2,101	2,3361	3,1683	3,0745
11:24:00	3,7133	2,2897	3,3425	3,1921	2,0567	2,278	3,1111	3,1489
11:25:00	3,3071	1,9592	3,3791	3,1718	2,0604	2,1746	2,9021	2,7579
11:26:00	2,477	1,7544	3,3504	3,2145	1,9443	1,8961	2,4719	2,0638
11:27:00	1,7861	1,712	3,111	3,1127	1,8209	1,7048	2,2446	1,7259
11:28:00	2,0403	2,0209	3,0028	2,9549	1,7704	1,8336	2,4532	2,0211
11:29:00	2,7966	2,5149	2,971	2,7295	1,8229	2,0791	3,0141	2,6128
11:30:00	3,8753	3,0336	2,9603	2,5673	1,8407	2,3841	3,2752	3,1476
11:31:00	4,1414	3,6059	2,8358	2,2651	1,8619	2,6138	3,487	3,2347
11:32:00	4,6083	4,0189	2,9217	2,2816	1,8267	2,9084	3,8729	3,7004
11:33:00	5,2193	4,3817	3,1749	2,5215	2,0198	3,4079	4,249	4,271
11:34:00	5,0776	4,8488	3,4274	2,7667	2,2903	3,9443	4,5225	4,7711
11:35:00	5,241	5,1099	4,0292	3,4371	2,6386	4,1572	4,7533	5,1397
11:36:00	5,2065	5,253	4,4967	4,0869	3,0538	4,3223	5,6565	5,5619
11:37:00	5,4702	5,0426	5,1474	4,931	3,4829	4,4439	6,3848	5,7891
11:38:00	6,517	4,2935	6,059	5,4172	3,8021	4,2413	6,2847	5,8531
11:39:00	5,3225	3,5454	5,8902	5,3051	3,4403	2,8236	4,8074	3,6114
11:40:00	3,7945	2,8907	4,8139	4,2214	2,4937	2,4082	4,4169	2,9562
11:41:00	3,5524	3,0967	4,5416	3,8861	2,3572	2,4264	4,2525	3,0413
11:42:00	4,3401	3,5722	4,2823	3,4904	2,2555	2,5859	4,1443	3,522
11:43:00	4,5351	3,8651	3,8264	3,0356	2,163	2,6519	4,1335	3,6389
11:44:00	4,924	3,9013	3,6256	2,9576	2,1156	2,6764	4,0676	3,8248
11:45:00	5,3209	3,7776	3,5559	3,091	2,1454	2,78	4,0847	4,1496
11:46:00	5,4933	3,4999	3,5166	3,1353	2,1932	2,8431	4,2697	4,4474
11:47:00	5,7688	3,278	3,6691	3,3095	2,2506	2,8015	4,3334	4,5039
11:48:00	5,2553	2,9657	3,8178	3,4726	2,2382	2,5636	3,9028	3,7321
11:49:00	3,8188	2,753	3,5422	3,2638	2,0679	2,1321	3,3423	2,7722
11:50:00	3,3492	2,8603	3,1789	2,7946	1,7838	1,9413	3,0918	2,6464
11:51:00	3,6145	2,9812	2,9879	2,521	1,7022	2,1657	3,0436	3,2491
11:52:00	4,5009	3,2502	2,8313	2,3723	1,7687	2,6277	3,2188	3,7868
11:53:00	4,9452	3,6266	2,8748	2,52	1,9339	2,9689	3,5844	3,9051
11:54:00	5,3361	4,1176	3,0193	2,8251	2,064	3,1588	4,0347	4,3049
11:55:00	6,1607	4,2622	3,5286	3,2018	2,2387	3,3668	4,5386	4,794
11:56:00	6,448	4,2759	4,0586	3,5781	2,4747	3,5296	4,9508	5,1878
11:57:00	6,5744	4,2521	4,5207	3,9912	2,7079	3,6354	5,4356	5,6063
11:58:00	6,3216	4,1318	4,9055	4,5455	2,9686	3,5476	5,5117	5,2181
11:59:00	5,5675	3,8573	5,1139	4,7577	2,8983	3,1527	5,2725	4,6824
12:00:00	4,8748	3,4721	5,1122	4,7657	2,7529	2,8899	4,984	3,8939
12:01:00	4,9705	3,1936	4,9754	4,5364	2,6169	2,811	4,8723	4,0879
12:02:00	5,0587	3,128	4,8859	4,3854	2,6846	2,981	4,7487	4,5143
12:03:00	5,0408	3,1738	4,9512	4,4293	2,8412	3,2617	4,9147	4,8336

12:04:00	5,0081	3,1492	5,0824	4,7723	3,0332	3,396	5,0595	5,1239
12:05:00	4,8053	3,059	5,068	4,9017	3,0216	3,2373	4,9367	4,9827
12:06:00	4,6477	3,2157	4,8827	4,8513	2,933	3,1564	4,8173	4,8361
12:07:00	4,2375	3,1177	4,8003	4,8276	2,8483	2,8747	4,4854	4,4126
12:08:00	3,6572	2,6906	4,5331	4,5865	2,6695	2,7824	4,218	4,0637
12:09:00	3,3805	2,582	4,2955	4,429	2,5987	2,7264	4,0965	3,6755
12:10:00	3,2983	2,3278	4,3371	4,3231	2,5411	2,5541	3,9543	3,4974
12:11:00	3,1724	2,1545	4,3439	4,0252	2,4796	2,6873	3,8319	3,5605
12:12:00	2,9581	2,1015	4,237	4,2202	2,4848	2,7498	3,6983	3,651
12:13:00	3,0639	2,0802	3,9108	4,1203	2,3582	3,2479	3,7319	6,7892
12:14:00	3,8203	2,1072	3,9484	4,5591	2,5618	3,3764	3,7533	5,21
12:15:00	3,1279	2,0851	3,9909	4,6127	2,5258	3,5183	3,5721	8,0971
12:16:00	3,4879	1,9982	3,8208	4,2372	2,4253	5,8697	3,3399	3,717
12:17:00	3,2883	1,94	3,5603	3,654	2,3165	5,9275	3,3361	7,658
12:18:00	10,831	2,0771	3,6478	3,6591	2,4325	10,639	3,4519	3,4537
12:19:00	14,053	2,2384	3,707	3,6817	2,5468	17,004	3,5627	3,6364
12:20:00	10,43	2,2735	3,6833	3,514	2,4624	25,276	3,616	3,5818
12:21:00	8,4675	2,3842	3,9155	3,4909	2,5174	24,583	3,6104	6,9318
12:22:00	7,7087	2,4071	3,8471	3,482	2,5042	21,044	3,7323	9,9538
12:23:00	9,175	2,4954	4,0088	3,6124	2,4847	12,202	3,8667	11,176
12:24:00	6,1194	2,4648	4,0065	3,5718	2,6668	7,4752	3,829	10,04
12:25:00	6,9722	2,4962	3,9318	3,5093	2,5029	3,8665	3,5597	14,58
12:26:00	3,6197	2,544	3,7881	3,411	2,5462	3,4068	3,6652	8,1673
12:27:00	2,8316	2,6209	3,8476	3,4758	2,8374	3,1804	3,4066	4,2435
12:28:00	2,8952	2,6946	3,702	3,8277	3,1222	3,0506	4,1574	5,4904
12:29:00	3,05	3,1462	4,1183	4,3	3,7355	3,2942	4,3526	6,5907
12:30:00	3,729	3,3249	4,2224	4,5886	4,5225	3,6052	4,0876	7,2215
12:31:00	4,3205	3,0846	4,1177	5,0794	4,8359	3,1639	3,9673	4,5444
12:32:00	4,3771	3,0518	3,9677	5,8295	3,4283	3,4855	4,381	4,3006
12:33:00	11,244	4,0177	4,431	10,049	5,7868	3,3934	4,7988	4,159
12:34:00	11,023	3,6471	4,8262	13,957	7,1165	3,3996	4,8769	4,1342
12:35:00	11,287	4,2185	4,9537	10,621	4,8312	3,4795	4,8696	4,2769
12:36:00	8,8929	3,5409	4,7342	11,863	5,3887	3,4428	4,7484	5,4425
12:37:00	6,9335	3,3751	4,5041	9,8443	17,506	3,4307	4,7694	5,0918
12:38:00	11,21	3,4076	4,6209	9,7027	28,954	3,4248	4,8987	5,5396
12:39:00	8,5252	3,3686	4,6061	8,6541	31,848	3,2663	4,7136	5,2544
12:40:00	12,233	3,4847	4,5544	9,3987	15,099	3,4196	4,9082	5,3658
12:41:00	13,766	3,5688	4,6294	10,756	11,772	3,4598	5,0963	5,3474
12:42:00	31,906	3,6971	4,8272	15,873	4,4719	3,5706	5,2591	5,403
12:43:00	8,5031	3,8489	5,0803	22,738	3,719	3,5729	5,5273	5,3655
12:44:00	9,1953	3,9673	5,0742	16,383	3,5507	3,4304	5,4768	5,1358
12:45:00	7,1428	4,0957	4,9824	6,9801	3,1514	3,5167	5,767	5,3278
12:46:00	7,5255	4,8022	5,1672	6,5459	3,2616	3,729	6,064	5,638
12:47:00	7,8646	5,3069	5,4	6,5185	3,3691	3,6291	5,8977	5,0746
12:48:00	5,6971	4,3657	5,1368	5,3098	2,8739	2,9986	4,8482	3,8029
12:49:00	4,8911	3,5398	4,765	4,0857	2,5689	2,9391	4,6415	3,681
12:50:00	4,9804	3,2671	4,7977	4,1423	2,6369	2,7369	4,5546	3,7713
12:51:00	4,7959	3,1373	4,1789	3,9604	2,4022	2,4388	3,9392	3,2289
12:52:00	3,7293	2,8251	3,5674	3,0983	2,1408	2,4691	3,4369	2,8751
12:53:00	3,4964	2,8994	3,3117	2,7985	1,999	2,4923	3,1496	2,9088
12:54:00	3,7979	3,081	3,0713	2,6468	1,8892	2,5787	3,2651	3,296
12:55:00	3,951	3,1897	3,1295	2,9181	1,9273	2,6849	3,618	3,282
12:56:00	4,2164	3,3225	3,4614	3,0683	1,9178	2,6883	3,9499	3,5832
12:57:00	5,0838	3,3772	3,8397	3,0364	2,0299	2,7367	4,3745	4,3029
12:58:00	6,0535	3,794	4,3014	3,681	2,34	3,3562	5,8971	5,2455
12:59:00	6,6983	4,5281	4,9714	6,0367	2,8269	3,6144	7,6753	5,5099
13:00:00	6,6765	4,4082	5,5345	7,1084	3,053	3,6195	7,98	5,7654

PITOMBEIRA								
CÉU CLARO – 20/06/2013								
HORÁRIO	SUL	SUDESTE	NOROESTE	NORTE	NORDESTE	LESTE	OESTE	SUDOESTE
11:00:00	1,8587	2,6253	5,4325	5,2036	1,8824	1,9135	1,8375	2,0751
11:01:00	1,8189	1,9012	5,3255	5,6503	1,7929	1,5575	2,1513	1,9217
11:02:00	1,6137	3,0208	4,0415	10,247	1,9334	1,6526	1,783	1,9368
11:03:00	1,7445	7,5335	2,3195	28,439	2,0462	1,5628	2,4882	1,9401
11:04:00	2,0895	21,372	2,9886	31,611	1,9155	1,8453	1,851	2,1018
11:05:00	2,1788	11,456	5,004	55,142	1,8425	1,759	1,9904	3,2914
11:06:00	2,3897	25,924	3,6103	77,707	1,8281	1,6918	2,0423	4,7618
11:07:00	2,5324	13,016	2,7839	79,772	1,8574	1,7245	1,9749	2,906
11:08:00	2,7685	5,2183	5,3279	64,529	1,9585	1,7571	1,8813	2,2598
11:09:00	3,4995	5,9566	8,6126	45,309	1,9588	1,6654	1,8262	2,2243
11:10:00	8,8946	9,3555	16,479	11,132	1,9087	1,5952	1,8473	2,7587
11:11:00	16,269	22,509	6,1591	11,622	1,8653	1,592	1,8873	4,2348
11:12:00	21,09	14,632	4,5113	10,931	1,8906	1,5672	1,9249	2,2832
11:13:00	11,652	15,437	2,6515	14,518	3,9444	1,587	1,9695	2,5862
11:14:00	2,6007	8,4933	2,7222	13,847	15,333	1,6385	2,0936	2,581
11:15:00	2,1736	3,5063	3,0523	22,529	19,74	1,7017	2,4257	2,7932
11:16:00	2,513	3,9262	4,0962	52,82	6,2692	1,7025	2,6507	2,6399
11:17:00	2,2017	1,8865	13,456	55,717	2,5232	1,5838	5,7669	2,5205
11:18:00	2,1268	1,6877	25,564	71,302	1,9618	1,6229	5,6976	2,7078
11:19:00	2,2767	6,3019	19,015	62,318	2,0066	1,7397	4,6456	2,5383
11:20:00	2,8935	3,2689	28,408	29,977	5,746	1,7104	4,215	2,9295
11:21:00	3,4206	2,9038	19,787	10,901	17,562	1,8006	2,7333	3,0822
11:22:00	3,6033	2,1711	10,864	4,9445	16,88	1,8005	3,5757	3,0919
11:23:00	2,22	2,1221	7,6612	3,2589	17,94	1,8834	3,0378	3,0837
11:24:00	2,2733	2,7211	18,354	3,5408	9,7327	2,0678	2,735	2,718
11:25:00	2,0581	3,2586	18,721	3,5478	2,7303	2,038	2,6598	2,8601
11:26:00	2,1316	3,6169	29,668	3,1427	3,0604	2,2099	2,6778	2,8213
11:27:00	2,0703	6,405	32,846	3,2044	3,2885	1,8588	2,5223	3,7935
11:28:00	2,022	3,3348	5,0812	3,4084	2,9128	1,8135	2,9013	4,7802
11:29:00	2,1487	2,7914	4,5497	3,3051	3,0036	1,8488	2,9477	12,443
11:30:00	1,7223	2,0809	3,291	3,2176	2,6833	1,5928	2,8198	22,806
11:31:00	1,6868	1,7548	2,586	2,903	2,2961	1,9137	4,7039	73,695
11:32:00	1,7851	1,8983	2,5905	2,9967	2,4121	1,9786	4,0272	74,557
11:33:00	1,757	2,7768	2,4198	4,59	2,7022	1,6098	2,15	30,814
11:34:00	1,585	3,1573	2,4183	3,7583	2,8825	1,7472	2,0706	33,952
11:35:00	1,6582	3,1968	2,2605	2,9627	3,3681	1,7045	2,0084	27,027
11:36:00	1,6529	2,8688	2,1084	4,5474	3,5218	1,8689	2,0404	28,604
11:37:00	1,6337	1,7875	2,2099	6,5123	5,9033	1,6804	2,1517	12,059
11:38:00	1,6017	2,307	2,1161	6,6538	7,1997	1,6297	1,7888	4,3152
11:39:00	1,5674	3,5809	1,9926	7,3933	6,3854	1,5266	1,7195	4,6046
11:40:00	1,523	16,699	1,8624	6,9694	5,7788	1,4624	1,6827	5,6085
11:41:00	1,4724	27,082	1,7731	5,1856	2,712	1,3931	1,6504	5,0246
11:42:00	1,4345	35,358	1,7448	10,166	1,7416	1,3802	1,6338	2,4994
11:43:00	1,4199	34,661	1,7449	13,603	1,6686	1,3745	1,6757	1,934
11:44:00	1,4374	17,531	1,7419	11,85	1,683	1,371	1,6155	2,0406
11:45:00	1,4202	36,245	1,7027	5,6203	1,6226	1,3588	1,644	2,0251
11:46:00	1,4668	11,488	1,6972	5,0971	1,6065	1,3733	1,6424	2,0379
11:47:00	1,4497	3,5774	1,8456	11,409	1,5805	1,3694	1,6219	1,8731
11:48:00	1,426	1,7565	1,7876	16,281	1,5911	1,4228	1,6095	1,8581
11:49:00	1,4131	1,6565	1,6808	8,9799	1,6066	2,7491	1,5831	1,8247
11:50:00	1,4112	2,3264	1,6576	4,4475	1,5411	3,236	1,5832	1,8201
11:51:00	1,414	3,6574	1,6797	1,8606	1,5614	3,4743	1,5982	1,8055
11:52:00	1,4201	2,4045	1,683	1,8356	1,5612	3,6259	1,5956	1,8676
11:53:00	1,4213	1,3099	1,6936	1,8428	1,56	2,46	1,5874	2,144
11:54:00	1,4162	1,399	1,6578	1,8182	1,5156	2,1147	1,5841	2,0594
11:55:00	1,4241	1,2437	1,6707	1,8072	1,5861	1,3126	1,5852	2,9059
11:56:00	1,4246	1,3006	1,6692	1,816	2,3699	1,3125	1,5855	2,6693
11:57:00	1,4189	1,3105	1,6582	1,784	2,0101	1,3131	1,583	5,0872
11:58:00	1,4226	1,2527	1,6509	2,0346	2,3256	1,3021	1,5864	6,6129
11:59:00	1,4358	1,2347	1,6793	2,525	1,5057	1,3117	1,5963	4,6518
12:00:00	1,4315	1,2321	1,6838	7,1345	1,5228	1,3106	1,6071	10,114
12:01:00	1,4487	1,2415	1,6789	6,6077	1,5253	1,3304	1,6011	4,9247
12:02:00	1,4343	1,2372	1,6846	4,2668	1,5953	1,307	1,6109	7,8317
12:03:00	1,4473	1,2421	1,6896	6,9059	2,6944	1,3033	1,6075	11,008

12:04:00	1,4539	1,2386	1,6858	10,319	2,1489	1,3001	1,6116	14,841
12:05:00	1,4626	1,2416	1,6924	4,5556	1,5235	1,3108	1,6218	18,076
12:06:00	1,4716	1,2424	1,6992	3,376	1,5364	1,3161	1,6216	6,9929
12:07:00	1,4827	1,2458	1,7107	2,4192	1,5689	1,3361	1,6409	5,5667
12:08:00	1,5366	1,2544	1,7061	3,3651	2,2089	1,3842	1,6552	2,6752
12:09:00	1,4878	1,2519	1,7366	7,8001	1,6081	1,8622	1,6513	1,9102
12:10:00	1,4819	1,2514	1,7252	6,6367	1,9576	2,8629	1,6464	2,0428
12:11:00	1,5511	1,2485	1,7371	3,1889	2,0188	2,7054	1,6452	2,0185
12:12:00	2,6713	1,2447	1,7354	3,8356	1,794	1,7394	1,6401	2,0643
12:13:00	2,2492	1,237	1,728	7,9058	2,9934	1,3007	1,6372	2,0361
12:14:00	2,0874	1,2305	1,7207	18,568	1,997	1,3157	1,6437	1,9515
12:15:00	1,5562	1,2385	1,7437	41,253	2,6388	1,5536	1,6476	2,223
12:16:00	1,6552	1,2358	1,7298	19,644	1,7866	2,9071	1,6638	2,2178
12:17:00	1,5257	1,2516	1,7489	2,7699	1,5512	1,8555	1,6728	1,9997
12:18:00	1,5151	1,242	1,7649	1,9091	1,548	1,9878	1,6574	1,9771
12:19:00	1,4929	1,2317	1,7374	2,8238	1,7156	1,8214	1,6624	1,9557
12:20:00	1,4562	1,2231	1,716	3,4643	1,7486	2,3201	1,6861	1,8918
12:21:00	1,5067	1,2211	1,7147	2,5122	1,7629	3,9743	1,6476	1,8762
12:22:00	1,4622	1,2221	1,7217	1,8478	1,6458	2,0496	1,6453	1,8771
12:23:00	1,5324	1,2258	1,7418	1,8403	1,509	1,3161	1,6479	1,9497
12:24:00	2,1253	1,2306	1,7356	1,8372	1,4933	1,3693	1,6566	1,9237
12:25:00	2,523	1,226	1,7356	1,8225	1,4854	1,7612	1,6468	1,8757
12:26:00	1,7871	1,2233	1,7344	1,9397	1,4756	1,3316	1,6419	1,9296
12:27:00	1,4918	1,2169	1,7211	1,7957	1,4674	1,2725	1,6324	2,1551
12:28:00	1,443	1,2076	1,7235	1,8137	1,4737	1,2628	1,6191	2,6765
12:29:00	1,4417	1,2014	1,7023	1,8814	1,4451	1,2652	1,6676	3,2732
12:30:00	1,43	1,2029	1,7132	1,7951	1,4685	1,2673	1,6646	4,4333
12:31:00	1,4177	1,1925	1,7099	1,7879	1,4639	1,263	1,604	3,3279
12:32:00	1,4292	1,1893	1,6909	8,1464	1,4319	1,5228	1,6054	1,9455
12:33:00	1,4291	1,1857	1,6904	8,7496	1,4364	4,5857	1,683	2,158
12:34:00	1,426	1,1856	1,6892	4,3052	1,8553	9,8358	2,896	1,8222
12:35:00	1,4216	1,1837	1,7	14,842	2,8973	9,8038	2,8311	1,9048
12:36:00	1,4173	1,1823	1,6966	21,908	1,9104	13,95	3,0067	2,0044
12:37:00	1,4063	1,1759	1,6861	20,632	1,5236	25,32	3,9533	3,2812
12:38:00	1,4101	1,1705	1,6798	14,914	1,7673	33,709	1,9401	4,0175
12:39:00	1,4024	1,1746	1,6958	3,954	1,9911	28,93	1,8554	2,7404
12:40:00	1,4198	1,1848	1,7107	4,1717	4,0155	13,417	1,6298	2,7037
12:41:00	1,4299	1,1913	1,725	2,4906	7,2436	7,1389	1,6195	2,2491
12:42:00	1,4119	1,1876	1,7269	2,1994	2,0536	4,8538	1,6265	2,1294
12:43:00	1,4375	1,1866	1,7259	1,9375	1,6256	3,5002	1,6241	1,9178
12:44:00	1,4214	1,187	1,7385	3,1745	1,4451	2,3864	1,6295	1,9328
12:45:00	1,4283	1,184	1,7378	4,1833	1,4232	1,5316	1,6245	1,8224
12:46:00	1,4321	1,1758	1,7309	4,0711	1,8179	1,2462	1,6268	1,812
12:47:00	1,4171	1,1762	1,7461	4,4732	1,4274	1,262	1,6268	1,7942
12:48:00	1,4122	1,1699	2,4144	14,039	1,4227	1,3635	1,6523	2,018
12:49:00	1,4172	1,1785	4,6119	11,035	1,4216	1,2982	1,6486	1,805
12:50:00	1,4133	1,1807	4,8497	5,5735	1,4507	1,2947	1,7064	1,8077
12:51:00	1,6893	1,1944	1,8393	11,875	1,4458	1,8617	1,643	1,8169
12:52:00	3,2812	1,1892	1,8587	5,6695	1,4479	5,6545	1,705	2,062
12:53:00	4,7268	1,1903	1,7941	4,0294	1,4388	3,6904	1,7121	1,8574
12:54:00	2,9655	1,1989	1,869	4,8654	1,4385	3,0632	1,6499	2,0671
12:55:00	2,0421	1,1966	1,8386	3,442	1,4853	2,1961	1,6456	1,8098
12:56:00	1,7715	1,1955	1,8174	1,9455	1,4386	1,5298	1,6482	1,9249
12:57:00	1,443	1,1903	1,7989	4,015	2,0556	1,2446	1,6425	1,7855
12:58:00	1,4438	1,1916	1,9547	5,5199	1,6874	1,2315	1,6479	1,7793
12:59:00	1,5953	1,1905	1,9063	7,7734	1,5852	1,2373	1,7247	1,788
13:00:00	1,4211	1,1887	2,1012	6,8065	4,7228	1,2318	1,6591	1,7851

PITOMBEIRA								
CÉU PARC. ENCOBERTO – 27/06/2013								
HORÁRIO	SUL	SUDESTE	NOROESTE	NORTE	NORDESTE	LESTE	OESTE	SUDOESTE
11:00:00	4,5993	2,7047	5,2875	2,9075	2,0303	2,0766	2,2774	2,5818
11:01:00	4,6551	2,3272	6,3139	3,174	2,3586	2,1095	2,4196	2,8155
11:02:00	4,0795	2,8469	6,7044	3,3294	2,2302	2,0531	2,5052	2,9994
11:03:00	2,5831	2,4847	3,6798	4,6287	2,4458	2,2472	2,8039	3,5795
11:04:00	3,4219	3,7067	7,4553	9,355	2,8498	2,3411	2,7285	3,853
11:05:00	7,9897	6,183	4,5887	32,822	2,7108	2,2543	2,706	3,213
11:06:00	6,7156	4,7895	3,1328	49,113	2,8064	2,4854	3,0656	3,6267
11:07:00	4,9322	6,1444	4,1333	59,573	3,0653	2,613	3,08	3,7748
11:08:00	3,0707	2,6473	3,6397	15,586	2,8742	2,3092	2,8866	3,5203
11:09:00	13,229	3,1376	3,6319	34,579	2,6846	2,8585	3,8413	5,0021
11:10:00	15,291	4,3528	4,0112	39,989	3,0127	2,8308	4,1366	5,7323
11:11:00	24,582	14,586	7,5388	33,328	3,4265	3,1479	4,3393	6,2681
11:12:00	19,726	16,105	11,139	13,463	3,4176	3,089	4,1374	6,0601
11:13:00	14,549	7,4113	8,2565	12,918	3,6166	2,8459	3,772	5,751
11:14:00	6,4822	3,133	4,5802	9,3735	2,8415	2,0928	3,0849	3,8886
11:15:00	2,8933	2,0947	2,6982	2,7935	2,1387	2,3036	3,2647	4,326
11:16:00	3,4974	3,7214	4,8173	10,804	2,7972	2,7878	3,6095	4,7721
11:17:00	3,4018	3,1841	4,3223	12,826	3,2039	2,929	3,8987	4,6685
11:18:00	3,2213	6,2332	4,5737	9,4157	3,389	2,9738	4,2844	4,3314
11:19:00	3,1854	3,9843	6,3454	34,589	3,7732	2,9006	4,0238	4,2299
11:20:00	3,0945	2,8237	5,3939	8,7292	2,903	2,5758	3,7262	4,3607
11:21:00	3,3653	4,1966	18,532	58,482	3,6612	2,5992	3,465	3,9819
11:22:00	3,2654	9,496	17,493	46,879	3,1735	2,4993	3,3236	3,7185
11:23:00	2,733	7,8609	13,804	20,138	2,9242	2,3777	3,5287	3,632
11:24:00	2,8717	15,163	14,653	5,5904	2,9363	2,6	3,6981	4,134
11:25:00	3,1865	20,156	13,086	4,6341	3,0417	2,4569	3,8477	4,6932
11:26:00	3,8076	5,9948	13,255	4,2632	3,0061	2,5611	3,6033	5,0996
11:27:00	3,8632	3,3964	20,256	3,8671	4,1075	2,6087	3,4024	4,536
11:28:00	2,9697	6,1008	24,472	3,9578	6,2016	2,626	3,1154	3,9035
11:29:00	2,5769	5,2456	35,309	3,7232	9,058	2,5715	2,9333	3,9221
11:30:00	2,5053	4,922	28,61	3,4908	8,4486	2,4729	3,3134	4,9515
11:31:00	2,5382	2,8065	20,276	3,865	12,198	2,3377	3,1108	5,3868
11:32:00	2,5091	2,2699	3,2412	3,311	2,7611	2,3367	2,8322	6,3936
11:33:00	2,7688	2,3472	2,7595	3,054	2,4705	2,1384	2,6152	3,798
11:34:00	2,7586	2,0658	2,4202	2,6969	2,1515	1,9937	2,7353	3,184
11:35:00	2,424	2,2643	2,9637	3,0867	2,6856	2,3267	3,0309	4,99
11:36:00	2,9022	3,3201	3,6241	4,3781	3,1564	2,4613	3,6738	13,513
11:37:00	3,7427	3,3104	4,0163	4,5346	3,4981	2,7255	4,3059	21,843
11:38:00	4,3278	3,4648	4,2351	5,8606	4,4562	3,0608	4,5635	17,282
11:39:00	4,1395	3,5688	4,4229	11,999	4,3529	3,1904	4,6889	8,8919
11:40:00	4,5031	3,5735	4,3179	10,391	3,7956	3,1795	4,7047	7,8571
11:41:00	5,1412	3,9485	4,4867	6,7468	3,9467	3,2467	4,5691	8,241
11:42:00	4,5502	3,489	4,051	5,276	3,5309	2,802	3,9592	5,7327
11:43:00	3,6332	3,0475	3,7992	5,229	3,3431	2,4064	3,2576	4,3447
11:44:00	3,1116	2,2967	3,0949	3,0172	2,4598	1,9485	2,8611	3,7912
11:45:00	2,7901	2,0392	2,6042	2,5035	2,3207	1,9607	2,6971	3,5662
11:46:00	2,6198	2,2111	2,6842	2,9398	2,4189	2,2532	2,8057	3,6419
11:47:00	2,6877	2,6328	3,2319	6,8196	2,8534	2,7754	3,2726	4,1955
11:48:00	2,8706	2,8581	3,6605	5,6222	3,1232	2,6454	3,3915	4,2608
11:49:00	2,9131	2,7558	3,6158	5,2592	2,9613	2,8001	3,8204	4,6053
11:50:00	3,2125	2,8557	3,8162	7,8317	3,0808	2,8659	4,145	5,0847
11:51:00	3,6141	3,1063	3,836	6,0348	3,2575	3,0877	4,1555	5,4753
11:52:00	3,9421	2,9579	3,758	3,667	3,2033	2,4106	3,6179	5,2338
11:53:00	3,7376	2,4917	3,1375	2,8578	2,5863	2,4843	3,4641	5,1977
11:54:00	4,1246	2,7678	3,3422	3,4564	2,9192	3,2063	4,0898	6,0011
11:55:00	4,0397	2,8688	3,6372	4,3283	3,2992	2,5892	3,3838	4,3474
11:56:00	3,0175	2,3949	3,4169	3,7615	2,6239	2,3406	3,3025	4,2822
11:57:00	2,9968	2,3639	3,5313	3,7637	2,6292	2,2046	3,0965	4,5737
11:58:00	3,5569	2,4026	3,2158	3,1002	2,2618	3,2537	3,4125	8,3337
11:59:00	4,6086	2,8436	3,4773	4,1641	2,9074	2,8312	3,3407	10,756
12:00:00	3,7667	2,4989	3,5868	4,0302	2,7892	3,861	3,0628	7,0808
12:01:00	2,9398	2,3433	3,6174	4,7963	2,7084	2,582	3,1355	18,355
12:02:00	2,9553	2,1174	3,3468	8,9777	2,5145	2,2935	2,877	14,853
12:03:00	2,78	2,0598	3,1238	10,849	2,5428	2,1407	2,7875	17,885

12:04:00	2,6103	1,9937	3,1152	7,8563	2,5145	2,1373	2,5584	30,068
12:05:00	2,097	1,7744	3,0275	5,4183	2,318	1,9517	2,3557	18,656
12:06:00	2,0427	1,7534	2,913	11,461	2,1539	1,9628	2,3904	19,364
12:07:00	2,1394	1,7636	2,7221	8,8207	2,6213	1,884	2,426	21,431
12:08:00	2,0821	1,7517	2,722	4,055	2,3671	1,9962	2,3872	15,254
12:09:00	3,1574	1,7086	2,6625	3,4214	2,3466	1,8559	2,3091	5,0377
12:10:00	3,2071	1,6127	2,543	3,0634	2,037	1,8637	2,3151	5,1069
12:11:00	3,0346	1,6528	2,3609	3,2722	2,2637	4,4762	2,274	4,3777
12:12:00	2,8025	1,686	2,4384	6,7603	2,3445	21,548	2,4599	3,5865
12:13:00	3,67	1,7893	2,5786	5,3355	2,4211	12,994	2,4787	3,4875
12:14:00	3,0242	1,6648	2,3499	4,4316	2,6809	6,4324	2,1829	3,0795
12:15:00	2,6626	1,6395	2,3293	5,1799	2,4822	1,9296	2,0636	3,0975
12:16:00	2,1533	1,6466	2,4483	11,506	2,3392	1,9526	2,2243	3,0682
12:17:00	2,5177	1,6503	2,3556	19,204	2,3657	1,641	2,1666	3,1754
12:18:00	2,0946	1,5846	2,1847	6,8785	2,1889	1,873	2,8927	3,2468
12:19:00	1,9821	1,6273	2,6058	9,7038	2,1099	2,1384	4,813	2,8153
12:20:00	2,0087	1,6206	2,4164	3,0586	2,5099	2,1568	2,3296	3,1426
12:21:00	1,9532	1,6077	2,3872	3,1032	6,8249	1,8321	2,277	3,444
12:22:00	2,0309	1,645	2,383	3,1202	9,531	1,7493	2,0794	2,5535
12:23:00	1,6445	1,4541	2,0964	3,0891	2,7181	1,8635	1,9998	2,4709
12:24:00	1,7277	1,5304	2,3377	2,5307	4,9944	2,519	2,0089	2,3365
12:25:00	1,7162	1,4601	2,195	2,4098	14,288	1,643	1,9646	2,2144
12:26:00	1,7259	1,4781	2,1322	2,2218	18,601	2,2075	1,993	2,3333
12:27:00	1,7382	1,4543	2,138	2,2672	13,146	1,657	2,1755	2,3959
12:28:00	1,8379	1,6351	2,3864	2,5308	3,2038	1,7837	2,2246	2,7213
12:29:00	2,0409	1,6579	2,3196	2,817	3,6189	2,0349	2,3372	3,1772
12:30:00	1,982	1,6529	2,3422	2,7745	3,4818	1,9794	2,2424	3,2362
12:31:00	2,0302	1,8503	2,832	3,05	2,966	2,079	2,3183	5,4047
12:32:00	1,8976	1,739	2,717	2,883	2,3695	1,8375	2,1762	6,3139
12:33:00	1,8604	1,5869	2,5933	2,8191	2,1014	1,7558	2,1879	4,2218
12:34:00	2,0196	1,5827	2,4603	2,5978	1,9656	1,7448	2,1707	4,0474
12:35:00	2,0618	1,5404	2,4058	2,5629	1,9789	5,8206	2,1801	2,6315
12:36:00	1,794	1,4867	2,5413	8,6417	2,0232	5,4377	2,178	2,3701
12:37:00	1,7447	1,4908	2,4571	4,9199	1,9641	9,7738	2,3557	2,3397
12:38:00	1,7091	1,4678	2,3554	11,442	2,1112	6,4799	2,1417	3,5615
12:39:00	1,7874	1,4604	2,3095	32,434	6,5157	10,569	2,1364	3,6808
12:40:00	2,0305	1,5295	2,3206	29,303	13,705	18,018	2,2463	3,1143
12:41:00	2,2603	1,6964	2,4455	18,532	14,097	24,176	2,3539	2,9556
12:42:00	2,2108	1,7141	2,6441	8,581	12,671	18,694	2,3574	3,2553
12:43:00	2,1909	1,7074	2,7164	3,9217	7,153	12,804	2,5415	3,1262
12:44:00	2,4976	1,887	2,9728	4,0193	6,7637	7,0813	2,7312	3,4241
12:45:00	2,5547	1,8875	3,1122	3,5753	4,6997	6,3798	3,2069	3,7445
12:46:00	3,1463	2,116	3,3716	3,5038	4,0456	5,4495	3,1958	4,412
12:47:00	3,2258	2,0655	3,4507	5,0326	3,2708	5,1068	3,0606	3,7959
12:48:00	2,728	2,0395	3,3726	7,184	3,3908	2,3134	2,7868	3,4899
12:49:00	2,2515	1,8777	2,7552	3,508	2,2146	2,2249	2,7252	3,4794
12:50:00	2,6727	2,2092	3,3114	8,213	2,8612	2,4422	3,1688	4,4914
12:51:00	2,6316	2,2277	3,701	7,7866	2,7073	2,2733	3,0119	3,5032
12:52:00	2,2862	2,0418	2,9789	4,3458	2,4685	2,3631	3,2071	3,736
12:53:00	2,8299	2,3901	4,1402	13,04	2,6944	2,4945	3,4744	4,047
12:54:00	3,5565	2,322	4,5111	6,3369	2,864	3,0421	3,2078	3,7654
12:55:00	2,8568	2,2976	3,6418	4,5086	2,6587	2,0805	3,0127	3,7585
12:56:00	3,7938	2,3075	3,685	3,8661	2,5798	6,1871	3,7859	5,2074
12:57:00	6,6141	2,9169	4,3989	5,9046	3,4017	8,2615	4,1965	5,3365
12:58:00	7,3338	2,6933	4,4038	4,8218	2,8354	6,1072	3,9099	5,0158
12:59:00	4,9179	2,5288	4,3045	7,2896	2,9207	2,5389	3,8325	4,4393
13:00:00	2,9777	2,2414	3,9203	9,502	2,5486	1,8615	2,7131	3,3849

PITOMBEIRA								
CÉU ENCOBERTO – 30/07/2013								
HORÁRIO	SUL	SUDESTE	NOROESTE	NORTE	NORDESTE	LESTE	OESTE	SUDOESTE
11:00:00	5,6316	3,2089	2,8269	3,0198	2,0703	2,8269	4,8344	7,044
11:01:00	5,4034	3,1125	3,6795	3,4056	2,4586	2,6795	4,5541	6,547
11:02:00	5,1477	3,0117	2,6554	3,4451	2,5302	2,6554	4,4767	6,5229
11:03:00	5,2643	3,0227	3,6547	4,3307	2,4358	2,6547	4,6242	6,7018
11:04:00	5,3044	3,0273	3,6535	3,3486	2,9498	2,6535	4,5772	6,4367
11:05:00	4,9996	2,9285	2,5954	3,6652	2,6108	2,5954	4,4672	6,2944
11:06:00	4,8842	2,8816	2,5149	4,5672	2,4064	2,5149	4,3302	6,1058
11:07:00	4,8083	2,8325	3,4319	6,915	2,8653	2,4319	4,1869	5,904
11:08:00	4,5633	2,6986	3,3576	4,985	2,3742	2,3576	4,0399	5,8589
11:09:00	4,8041	2,6933	2,3821	5,782	2,1846	2,3821	4,1988	6,2485
11:10:00	5,0177	2,7439	2,494	4,786	2,9127	2,494	4,3555	6,3432
11:11:00	5,0291	2,8336	2,5337	3,195	2,8265	2,5337	4,2762	6,1843
11:12:00	4,8776	2,7653	3,4545	3,594	2,7176	2,4545	4,2103	5,9268
11:13:00	4,6546	2,6851	2,4573	6,8448	3,6166	2,4573	4,2268	5,8609
11:14:00	4,7558	2,7469	2,5354	2,686	2,8415	2,5354	4,4628	6,2454
11:15:00	5,2049	2,9233	2,6517	3,183	2,1387	2,6517	4,7302	6,7381
11:16:00	5,5567	3,0902	2,7959	2,078	2,7972	2,7959	4,9751	7,0613
11:17:00	5,7837	3,221	2,9184	3,707	3,2039	2,9184	5,1656	7,3146
11:18:00	5,9229	3,3126	3,0143	3,497	3,389	3,0143	5,2164	7,3418
11:19:00	5,9444	3,375	3,1068	3,682	3,7732	3,1068	5,2776	7,5391
11:20:00	6,0957	3,4956	3,1421	3,5316	2,903	3,1421	5,4316	7,7043
11:21:00	6,2282	3,5273	3,1549	3,2052	3,6612	3,1549	5,4003	7,6226
11:22:00	6,0775	3,467	3,1542	2,8448	3,1735	3,1542	5,5002	7,7794
11:23:00	6,333	3,5282	3,172	3,916	2,9242	3,172	5,448	7,8262
11:24:00	6,0983	3,4161	3,0084	3,2006	2,9363	3,0084	5,0249	7,1498
11:25:00	5,5842	3,1559	2,7889	2,2254	2,0417	2,7889	4,7422	6,731
11:26:00	5,0504	2,9012	2,6226	4,9636	2,0061	2,6226	4,3459	5,962
11:27:00	4,6461	2,8019	2,4696	3,5079	2,1075	2,4696	4,2495	6,1057
11:28:00	4,9963	2,736	2,4507	3,3481	2,2016	2,4507	4,243	6,1863
11:29:00	4,6604	2,6311	2,3674	3,9347	2,058	2,3674	3,9343	5,6804
11:30:00	4,537	2,5432	2,1974	3,8603	2,4486	2,1974	3,7525	5,4988
11:31:00	4,2282	2,3632	2,116	6,4874	2,198	2,116	3,7317	5,3839
11:32:00	4,1939	2,282	2,0611	3,3099	2,7611	2,0611	3,6184	5,2249
11:33:00	4,0576	2,246	1,9747	3,8375	2,4705	1,9747	3,4539	5,0079
11:34:00	3,9272	2,1495	1,8536	2,0492	2,1515	1,8536	3,1822	4,612
11:35:00	3,3506	1,8878	1,5967	2,7447	2,6856	1,5967	2,6829	3,6757
11:36:00	2,58	1,5755	1,3298	2,4611	1,1564	1,3298	2,3812	3,1531
11:37:00	2,5332	1,4872	1,3785	1,4819	1,4981	1,3785	2,4854	3,4529
11:38:00	2,7508	1,573	1,423	1,3962	1,4562	1,423	2,3973	3,3233
11:39:00	2,556	1,54	1,2947	1,3694	1,3529	1,2947	2,2241	3,0879
11:40:00	2,4335	1,4449	1,2339	1,4699	1,7956	1,2339	2,1145	2,9692
11:41:00	2,4025	1,4325	1,237	1,4948	1,9467	1,237	2,1679	3,141
11:42:00	2,7828	1,5252	1,3831	1,7002	1,5309	1,3831	2,4413	3,5516
11:43:00	2,9701	1,6706	1,587	1,8943	1,3431	1,587	2,9296	4,1228
11:44:00	3,6843	2,0445	1,9806	3,6807	2,4598	1,9806	3,5901	5,1491
11:45:00	4,6013	2,5647	2,4119	3,282	2,3207	2,4119	4,4783	6,6863
11:46:00	5,9953	3,1407	2,923	3,5343	2,4189	2,923	5,2676	7,7926
11:47:00	6,3546	3,4651	3,0291	3,4794	2,8534	3,0291	5,1869	7,5112
11:48:00	5,8002	3,2524	2,816	3,4364	3,1232	2,816	4,9023	7,1315
11:49:00	5,9148	3,1718	2,9144	3,5621	2,9613	2,9144	5,3447	7,8282
11:50:00	6,4961	3,4347	2,9233	3,485	3,0808	2,9233	5,0975	7,7522
11:51:00	5,9013	3,1747	2,6587	3,55	3,2575	2,6587	4,6255	6,6314
11:52:00	5,2346	2,8516	2,4147	3,3978	3,2033	2,4147	4,1078	5,9819
11:53:00	4,3458	2,5089	2,1164	3,4237	2,5863	2,1164	3,7151	5,2218
11:54:00	4,3434	2,4113	2,1963	1,7874	2,9192	2,1963	4,0594	5,8456
11:55:00	5,1249	2,7135	2,5835	3,9379	2,2992	2,5835	4,7132	6,9376
11:56:00	5,3926	3,0218	2,724	4,7877	2,6239	2,724	4,5224	6,2975
11:57:00	4,6463	2,9595	2,6194	4,5436	2,6292	2,6194	4,6326	6,2426
11:58:00	5,1535	3,048	2,8079	4,0017	2,2618	2,8079	5,0675	7,065
11:59:00	5,8065	3,3225	2,9034	3,9768	2,9074	2,9034	5,0728	7,3161
12:00:00	5,5971	3,2479	2,8642	3,2793	2,7892	2,8642	5,0832	7,0419
12:01:00	6,2789	3,4316	3,1834	2,8083	2,7084	3,1834	5,9035	8,7064
12:02:00	7,2755	3,8723	3,4842	2,713	2,5145	3,4842	6,1397	8,9376
12:03:00	6,7839	3,7835	3,3096	2,4039	2,5428	3,3096	5,7223	8,0512

12:04:00	6,0856	3,5402	3,1408	2,9895	2,5145	3,1408	5,3583	7,5235
12:05:00	6,3652	3,5291	3,2007	3,2919	2,318	3,2007	5,6372	8,3552
12:06:00	6,1695	3,4618	2,7953	3,4403	2,1539	2,7953	4,6676	6,7979
12:07:00	5,0945	2,8798	2,3649	3,805	2,6213	2,3649	3,9514	5,548
12:08:00	4,0641	2,3916	2,0089	3,5507	2,3671	2,0089	3,6046	4,9768
12:09:00	4,4671	2,4281	2,3289	3,6909	2,3466	2,3289	4,2654	5,9495
12:10:00	4,2557	2,6007	2,2165	2,869	2,037	2,2165	3,846	5,2833
12:11:00	4,6812	2,606	2,3168	2,9081	2,2637	2,3168	4,3303	6,2176
12:12:00	5,1887	2,8211	2,4687	3,1228	2,3445	2,4687	4,5614	6,7074
12:13:00	5,5564	2,93	2,5416	3,0303	2,4211	2,5416	4,7197	6,9085
12:14:00	5,5353	2,978	2,563	3,0055	2,6809	2,563	4,6155	6,4231
12:15:00	5,0711	2,9419	2,6819	3,1301	2,4822	2,6819	4,9323	6,8691
12:16:00	5,5918	3,1746	2,7485	3,2937	2,3392	2,7485	4,8786	6,9451
12:17:00	5,429	3,1166	2,5949	4,5171	2,3657	2,5949	4,5091	6,5872
12:18:00	5,3524	2,9555	2,5576	5,8306	2,1889	2,5576	4,5975	6,8357
12:19:00	5,413	3,0127	2,548	3,7392	2,1099	2,548	4,6197	6,6198
12:20:00	5,1867	2,9705	2,4989	3,7339	2,5099	2,4989	4,5551	6,6522
12:21:00	5,5003	2,9782	2,4821	3,0724	3,8249	2,4821	4,4867	6,4283
12:22:00	5,0215	2,8316	2,4102	3,6116	2,531	2,4102	4,3567	6,2169
12:23:00	4,9066	2,7215	2,3049	3,6278	2,7181	2,3049	4,0967	5,7906
12:24:00	4,5568	2,5603	2,2201	3,4811	2,9944	2,2201	4,0446	5,7986
12:25:00	4,4471	2,443	2,1532	3,4269	2,288	2,1532	3,703	5,1958
12:26:00	3,9182	2,2713	1,9892	3,1685	2,601	1,9892	3,4391	4,8233
12:27:00	3,7877	2,2095	1,9146	3,1652	2,146	1,9146	3,3363	4,6477
12:28:00	3,909	2,2363	2,0513	3,6135	3,2038	2,0513	3,9889	5,7427
12:29:00	5,2408	2,6608	2,5076	4,0645	3,6189	2,5076	4,793	7,0155
12:30:00	5,8244	3,0431	2,7661	3,8467	3,4818	2,7661	4,9689	7,5225
12:31:00	5,8785	3,0902	2,7386	2,4248	2,966	2,7386	4,5449	6,7051
12:32:00	4,8411	2,7332	2,3221	2,9802	2,3695	2,3221	3,7635	5,2687
12:33:00	4,3084	2,4475	2,2459	3,1783	2,1014	2,2459	3,9688	5,6007
12:34:00	4,492	2,4748	2,2759	2,7429	1,9656	2,2759	3,9331	5,5762
12:35:00	4,7192	2,5314	2,3411	2,2634	1,9789	2,3411	4,2966	6,1817
12:36:00	5,1994	2,7421	2,5075	2,366	2,0232	2,5075	4,6051	6,7286
12:37:00	5,4749	2,8003	2,5072	2,994	1,9641	2,5072	4,4872	6,5896
12:38:00	5,3148	2,7534	2,4425	2,4328	2,1112	2,4425	4,3157	6,2333
12:39:00	5,0657	2,6886	2,4754	2,5644	2,5157	2,4754	4,2048	6,0313
12:40:00	4,8023	2,6405	2,2286	2,8791	2,705	2,2286	3,8548	5,4489
12:41:00	4,1699	2,3479	2,0498	2,869	2,097	2,0498	3,5038	4,815
12:42:00	3,7177	2,1191	1,8242	2,596	2,671	1,8242	3,1243	4,1272
12:43:00	3,1821	1,8561	1,6564	2,4168	2,153	1,6564	2,7368	3,6914
12:44:00	2,737	1,6597	1,4377	2,2665	1,7637	1,4377	2,3291	3,0506
12:45:00	2,3604	1,4946	1,3198	2,8891	1,6997	1,3198	2,1527	2,9339
12:46:00	2,4985	1,5221	1,4454	2,5882	2,0456	1,4454	2,4261	3,4932
12:47:00	3,3219	1,8522	1,7703	3,913	3,2708	1,7703	3,351	4,9668
12:48:00	4,5747	2,3238	2,1545	4,1115	3,3908	2,1545	3,8447	5,8355
12:49:00	4,937	2,6111	2,3769	2,7358	2,2146	2,3769	4,1154	6,0731
12:50:00	4,9355	2,7059	2,4732	2,5687	2,8612	2,4732	4,1713	5,9717
12:51:00	4,7361	2,7483	2,5486	3,868	2,7073	2,5486	4,2241	6,0419
12:52:00	4,945	2,8419	2,6161	3,4569	2,4685	2,6161	4,4162	6,3307
12:53:00	5,2366	2,923	2,6642	2,3105	2,6944	2,6642	4,4833	6,4462
12:54:00	5,1807	2,901	2,5494	2,3614	2,864	2,5494	4,3431	6,153
12:55:00	4,8331	2,7567	2,4818	3,5451	2,6587	2,4818	4,3488	6,1979
12:56:00	5,0394	2,8081	2,5146	3,4459	2,5798	2,5146	4,3404	6,3767
12:57:00	4,9994	2,8125	2,4824	5,0244	3,4017	2,4824	4,3275	6,1584
12:58:00	4,8902	2,788	2,4911	2,5684	2,8354	2,4911	4,3288	6,1807
12:59:00	5,0291	2,8573	2,5478	2,132	2,9207	2,5478	4,4214	6,3706
13:00:00	5,1017	2,8715	2,5059	2,142	2,5486	2,5059	4,3017	6,2029

CAROLINA								
CÉU CLARO – 27/07/2013								
HORÁRIO	SUL	SUDESTE	NOROESTE	NORTE	NORDESTE	LESTE	OESTE	SUDOESTE
11:00:00	3,4575	3,695	2,6818	2,5138	2,9306	3,1141	3,1068	3,2094
11:01:00	3,1022	3,2647	2,5255	2,3216	2,6831	2,8488	2,9477	3,0307
11:02:00	2,9105	3,1532	2,4358	2,1982	2,498	2,8346	2,8583	2,9351
11:03:00	2,8461	3,1334	2,3266	2,1496	2,4466	2,7705	2,8405	3,019
11:04:00	3,1	3,3559	2,3171	2,117	2,4243	3,0015	2,8477	3,0791
11:05:00	3,0636	3,3627	2,3651	2,1861	2,6267	2,8679	2,8237	2,9595
11:06:00	2,9187	3,3059	2,3469	2,2241	2,5052	2,7337	2,7901	2,8662
11:07:00	2,9059	3,0869	2,3729	2,2582	2,4097	2,4337	2,7804	2,714
11:08:00	2,5595	2,671	2,4212	2,2274	2,2687	2,2734	2,7847	2,6547
11:09:00	2,4377	2,5458	2,4266	2,2399	2,2154	2,2712	2,8125	2,6865
11:10:00	2,7478	2,61	2,4117	2,2336	2,2545	2,5461	3,0474	3,1751
11:11:00	3,8607	3,0309	2,5853	2,4852	2,4694	2,8285	3,1598	3,1848
11:12:00	4,2211	3,1902	2,6704	2,6258	2,5445	2,6592	2,9591	3,0881
11:13:00	4,4468	3,0107	2,6344	2,5559	2,5727	2,6467	2,8334	2,9929
11:14:00	4,4193	3,1015	2,568	2,5228	2,543	2,6186	2,8595	3,103
11:15:00	6,1764	2,9492	2,5764	2,4946	2,4835	2,559	2,8899	3,0311
11:16:00	4,21	2,965	2,5385	2,4813	2,5676	2,7783	3,0544	3,1755
11:17:00	4,076	3,3758	2,5956	2,5013	2,6383	2,921	3,2131	4,0831
11:18:00	4,0355	3,2966	2,5733	2,5197	2,708	3,1607	3,279	4,0967
11:19:00	4,071	4,0742	2,6146	2,6444	2,8418	3,2113	3,2569	5,1847
11:20:00	3,425	4,1992	2,7441	2,743	2,8842	3,2388	3,3753	5,2444
11:21:00	3,0001	4,4098	2,8174	2,7678	2,8852	3,4195	3,4183	3,5059
11:22:00	2,9532	5,2308	2,8111	2,7725	2,8546	3,2601	3,5199	3,4605
11:23:00	2,9672	4,9494	2,7825	2,7517	2,8888	3,9138	3,9728	3,4135
11:24:00	3,0653	4,2211	2,8314	2,7673	2,9379	3,2629	3,2849	2,9063
11:25:00	2,6936	3,2197	2,5257	2,4173	2,6367	4,1492	3,6092	3,4808
11:26:00	3,3295	4,0709	2,7702	2,7594	3,0263	3,9024	4,4745	4,0903
11:27:00	3,5415	4,0284	2,9197	2,8988	3,1456	3,2803	3,5532	3,3846
11:28:00	2,9024	3,2482	2,6718	2,5478	2,745	3,4339	3,4921	3,2643
11:29:00	3,0629	3,8634	2,6472	2,6247	2,8216	5,5159	3,1629	3,1202
11:30:00	2,9614	3,5914	2,6721	2,7493	2,981	7,8446	2,8465	2,8876
11:31:00	2,9769	3,5537	2,634	2,7257	3,0125	5,0776	2,9597	2,9674
11:32:00	3,0469	5,5363	2,6122	2,728	3,0523	3,7596	3,1375	3,0989
11:33:00	3,1387	4,4742	2,6561	2,7482	3,2289	3,1815	2,5727	2,6008
11:34:00	2,6848	3,289	2,0709	2,1702	2,6028	3,4385	2,6758	2,7792
11:35:00	3,1337	5,9822	2,6034	2,6249	2,9576	4,0116	2,7871	2,9354
11:36:00	3,2802	6,0498	2,5519	2,7205	3,0754	3,8555	3,007	2,9542
11:37:00	3,179	4,5551	4,0874	2,7487	3,0712	3,1165	2,8743	2,7574
11:38:00	2,5234	2,8906	2,3697	2,3659	2,5947	2,5183	2,2566	2,2753
11:39:00	2,347	2,6878	1,9371	2,0534	2,3182	2,4858	2,1964	2,262
11:40:00	2,9379	3,8221	2,7009	2,1496	2,4066	3,3773	2,6564	2,6591
11:41:00	3,8574	5,1482	3,7061	2,5714	2,8361	3,4886	2,9443	2,6631
11:42:00	3,8831	3,1816	3,7818	2,6694	2,94	5,4451	3,6684	2,7824
11:43:00	4,0291	3,0281	4,142	2,6711	2,7862	6,2328	3,6097	2,9561
11:44:00	4,2398	2,9727	4,7948	2,5427	2,7886	14,341	4,6814	3,0501
11:45:00	3,9715	3,1147	5,1726	2,5724	2,8448	10,569	5,1392	3,2743
11:46:00	3,2502	3,347	4,1038	2,6777	2,9992	10,782	5,6398	3,3502
11:47:00	3,3456	3,5826	3,2388	3,0953	3,1252	10,218	4,4166	3,5508
11:48:00	3,8021	3,7823	4,2314	3,0616	3,2712	7,0093	3,7319	3,2837
11:49:00	2,9176	3,1348	2,8807	2,6533	2,8833	2,4902	2,5662	2,5456
11:50:00	2,4144	2,543	2,2255	2,1785	2,3194	2,3827	2,4345	2,3485
11:51:00	2,2948	2,5912	2,1615	2,1953	2,3813	2,8554	3,3828	2,8729
11:52:00	2,7776	4,5188	3,0411	2,7187	2,9043	2,7826	3,0942	3,0474
11:53:00	2,5924	3,5838	2,991	2,3883	2,5177	2,7899	3,2894	3,3753
11:54:00	2,405	4,3634	3,0672	2,4441	2,4616	2,3777	2,8379	2,9897
11:55:00	2,3805	2,9589	2,8469	2,3439	2,3383	2,7586	2,7367	3,4034
11:56:00	2,6787	5,6821	4,9532	2,6253	2,6518	2,886	3,2274	3,5732
11:57:00	2,7669	6,8172	3,1584	2,633	2,6207	2,7655	3,5262	2,9238
11:58:00	3,253	5,2563	2,7596	2,7194	2,782	2,9072	3,922	3,3091
11:59:00	2,7324	4,7797	2,7828	2,6595	2,7006	2,6912	5,3903	2,8274
12:00:00	2,5932	3,8839	2,9101	2,9836	2,6658	2,8981	6,6376	2,5927
12:01:00	2,8041	3,7324	2,9202	2,9412	2,7456	2,5263	4,3713	2,3365
12:02:00	2,061	2,4172	2,243	2,2529	2,3013	2,3171	3,4284	2,1307
12:03:00	2,5228	2,702	2,1427	2,4387	2,2584	2,6376	7,1211	2,543

12:04:00	2,8326	2,907	2,5038	2,5596	2,5003	2,5244	8,278	4,6176
12:05:00	2,7273	2,6268	2,5498	2,4675	2,5539	2,5186	5,4922	9,2045
12:06:00	2,924	2,7017	2,3232	2,501	2,4957	2,3867	5,0144	9,3019
12:07:00	2,6105	2,7205	2,3451	2,4239	2,5043	2,5235	3,9158	6,3515
12:08:00	2,6242	2,7084	2,3593	2,4589	2,575	2,48	2,6404	3,0347
12:09:00	2,5365	2,6826	2,5293	2,5213	2,5618	2,5623	2,9482	2,7751
12:10:00	2,7403	2,6735	2,3777	2,5714	3,2845	2,6294	2,9682	4,107
12:11:00	2,802	2,7899	2,4973	2,4644	2,9867	2,6447	4,2369	3,2153
12:12:00	2,6654	2,6448	2,5081	2,4783	4,0928	2,614	4,5297	2,7218
12:13:00	2,6163	2,7728	2,5148	2,4665	4,2213	2,6191	4,0313	2,804
12:14:00	2,5213	2,7654	2,4442	2,4571	7,8836	2,6943	3,5874	2,7066
12:15:00	2,5132	2,7286	2,5698	2,49	4,5969	2,7047	3,7303	2,792
12:16:00	2,5965	2,7365	2,5353	2,424	6,0268	2,7684	3,7071	3,0087
12:17:00	2,856	3,076	2,9264	2,4448	5,8646	3,1618	3,2909	3,2701
12:18:00	3,1064	3,3241	2,7379	2,548	5,7846	3,673	3,0607	3,0811
12:19:00	3,0785	3,3986	2,6771	2,7053	5,5262	2,7912	2,6443	2,6543
12:20:00	2,5777	2,9672	2,2046	2,179	2,6039	2,8703	2,5402	2,6127
12:21:00	2,8785	3,3362	2,4619	2,5571	3,2664	3,0886	3,0326	2,9027
12:22:00	2,8431	3,1098	2,7022	2,8336	3,3371	2,5721	2,5785	2,5474
12:23:00	2,791	3,077	2,4777	2,4417	2,611	2,7617	2,8693	2,8346
12:24:00	2,9559	2,9157	2,7272	2,6287	2,8584	2,6709	2,8412	2,7368
12:25:00	2,5461	2,7905	2,478	2,6138	2,6576	2,541	2,6376	2,5666
12:26:00	2,9676	2,8145	2,701	2,5255	2,6873	2,6107	2,5596	2,5234
12:27:00	2,7197	2,7461	3,8814	2,4815	2,7077	2,603	2,5647	2,4869
12:28:00	2,8589	2,7419	8,0037	2,5088	2,65	2,7202	2,5633	2,5661
12:29:00	2,6788	2,8297	4,5436	2,5169	2,7077	2,7411	2,7734	2,5035
12:30:00	2,7706	2,7987	3,0388	2,5134	2,7501	2,8703	3,1688	2,6654
12:31:00	2,7588	3,0326	2,5231	2,555	2,7685	2,9687	3,2129	2,8138
12:32:00	2,7775	3,1233	2,6088	2,6258	2,7837	2,9114	3,1564	2,9884
12:33:00	2,85	3,1871	2,5248	2,579	2,7384	2,8581	3,2433	2,9542
12:34:00	2,7208	2,9725	2,482	2,5297	2,6866	2,8152	3,7561	3,0205
12:35:00	2,6757	2,9389	2,6542	2,602	2,7331	2,7989	4,3298	3,0344
12:36:00	2,5679	2,7852	2,4311	2,4054	2,6199	2,5621	3,7561	2,7963
12:37:00	2,4588	2,6972	2,2928	2,2557	2,425	3,0581	4,1602	3,9771
12:38:00	2,6205	2,8116	2,5836	2,5553	2,6781	2,6997	6,0178	3,963
12:39:00	2,4137	2,6995	2,6051	2,4615	2,6231	2,5973	9,006	6,5264
12:40:00	2,2468	2,4167	2,5323	2,3707	2,4476	2,0446	2,4478	2,3331
12:41:00	2,2137	2,3373	2,2759	2,1385	2,1876	2,7805	10,906	5,4299
12:42:00	2,8148	3,0647	2,8588	2,678	2,8092	2,8762	7,4568	4,0388
12:43:00	2,8671	2,8245	2,8945	2,6178	2,8323	2,8294	7,3836	3,7276
12:44:00	2,9058	2,9895	3,1187	2,6731	2,6597	3,1324	6,2394	4,2985
12:45:00	2,7141	2,7841	2,946	2,6917	2,8281	3,1953	4,0779	3,0005
12:46:00	2,5567	2,7104	2,6677	2,6595	2,7623	3,0586	3,6011	2,8423
12:47:00	2,536	2,7405	2,7033	2,5924	3,2699	3,0983	3,0854	2,7691
12:48:00	2,7401	2,8447	2,6802	2,6731	2,7775	3,1657	3,493	2,7952
12:49:00	2,8345	2,9513	2,8799	2,6479	2,8054	3,0459	2,9457	2,9101
12:50:00	2,7298	3,0679	2,8115	2,6946	2,9103	3,1132	3,1479	2,8129
12:51:00	2,9786	3,0055	2,5681	2,7473	3,0585	3,1042	2,9494	2,9322
12:52:00	2,8759	3,0675	2,5882	2,7619	2,9241	3,1103	2,7348	2,7655
12:53:00	2,8594	3,1451	2,6152	2,7708	2,9575	3,0848	2,7617	2,8515
12:54:00	2,9739	3,2104	2,5782	2,7554	2,9017	3,3521	2,9199	2,8929
12:55:00	3,4356	3,3408	2,6227	2,7938	3,2543	3,3019	3,1674	2,9116
12:56:00	3,9741	3,2958	2,6932	2,8376	3,1507	3,6226	3,5317	2,9715
12:57:00	3,7221	3,1986	2,7547	2,871	3,0249	3,4667	3,1187	3,0255
12:58:00	3,6325	3,167	2,8218	2,9432	3,1168	3,618	3,1176	3,0157
12:59:00	3,1125	3,0501	2,8778	2,9112	3,0318	3,1194	2,7814	2,6579
13:00:00	2,2987	2,4846	2,4192	2,4162	2,5448	2,6326	2,6275	2,5073

CAROLINA								
CÉU PARC. ENCOBERTO – 29/06/2013								
HORÁRIO	SUL	SUDESTE	NOROESTE	NORTE	NORDESTE	LESTE	OESTE	SUDOESTE
11:00:00	6,1758	4,0823	2,9268	3,1832	3,7295	3,8933	3,1036	3,348
11:01:00	4,4457	4,0818	2,7899	3,037	3,5169	4,6911	3,362	4,0899
11:02:00	6,221	4,5518	3,1176	3,3815	3,8573	4,3537	3,1756	3,3599
11:03:00	3,6328	4,1336	2,7372	2,8026	3,4199	3,679	2,9522	3,1575
11:04:00	3,4111	3,9604	2,6042	2,6339	3,254	3,81	3,0894	3,2671
11:05:00	5,084	4,2763	2,8628	3,8292	3,5269	5,0658	3,2977	3,4161
11:06:00	5,74	4,1416	2,9092	3,653	3,6013	4,4235	2,8187	2,9306
11:07:00	2,979	3,5258	2,4681	2,5589	3,079	3,2174	2,6523	2,7353
11:08:00	2,9954	3,5303	2,4368	2,5171	3,1006	3,5893	2,7933	2,9483
11:09:00	3,8675	3,9453	2,5845	3,0377	3,3319	4,3538	3,1194	3,3259
11:10:00	4,4098	3,9922	3,0355	4,0927	3,515	3,4014	2,729	2,9067
11:11:00	4,2983	3,7254	2,5996	2,845	3,2799	4,842	3,255	3,8312
11:12:00	6,401	4,3589	3,2508	3,8729	4,0516	7,8148	3,5901	4,447
11:13:00	7,4638	4,4239	3,2517	5,0386	4,6832	13,157	3,5526	4,3376
11:14:00	6,673	4,202	3,1553	7,2595	4,8109	15,872	3,6763	4,7986
11:15:00	5,5903	4,0888	3,0384	5,2075	4,3474	17,623	3,653	6,0114
11:16:00	4,8965	4,0414	2,9171	3,7858	3,7339	22,933	3,7429	6,4149
11:17:00	4,8179	3,9911	2,9058	3,6966	3,589	17,275	3,1351	4,1769
11:18:00	5,312	3,8768	2,8165	3,1229	3,4551	18,827	3,1835	4,9127
11:19:00	5,4946	4,0168	2,9498	3,0381	3,4582	13,703	3,0083	3,5159
11:20:00	3,8998	3,7939	2,8184	2,9364	3,6958	11,195	3,0616	3,2335
11:21:00	3,6272	3,7943	2,9527	2,9516	4,0707	8,2449	3,1308	3,3228
11:22:00	3,3699	3,7365	2,9335	2,9617	3,9219	7,6468	3,278	3,5279
11:23:00	3,4326	3,8443	3,1948	2,991	3,866	4,4134	3,4313	3,339
11:24:00	3,4193	3,8534	3,0821	3,0539	3,5164	4,2365	3,4477	3,3877
11:25:00	3,4835	3,9029	3,0737	3,0779	3,7886	4,0667	3,4248	3,3698
11:26:00	3,5152	3,9197	3,0713	3,0245	3,8938	5,1265	3,5012	3,4852
11:27:00	3,8851	4,1913	3,0772	3,0389	3,8295	5,2532	3,5977	3,5954
11:28:00	3,8615	4,1113	3,1275	3,0427	3,7522	4,0444	3,5058	3,5234
11:29:00	3,8338	4,0315	3,2169	2,9961	3,6365	4,1696	3,6167	3,62
11:30:00	3,7652	4,0476	3,1519	3,0152	3,7317	4,1197	3,6019	3,6126
11:31:00	3,7276	4,0854	3,1162	2,995	3,6373	3,9271	3,4794	3,4866
11:32:00	3,6379	4,0794	3,0789	3,0014	3,5509	3,8507	3,385	3,4289
11:33:00	3,5002	3,8908	2,9696	2,8905	3,3922	3,6417	3,3007	3,3655
11:34:00	3,5663	3,8616	2,9278	2,7734	3,336	3,9432	3,3465	3,4233
11:35:00	3,6767	4,0945	2,9847	2,8319	3,5438	4,0512	3,2744	3,4413
11:36:00	3,5056	3,9539	2,8451	2,6962	3,1839	3,5258	3,2247	3,3258
11:37:00	3,4459	3,8724	2,8547	2,7181	3,151	3,5913	3,2413	3,3251
11:38:00	3,3973	3,7937	2,7898	2,6992	3,1237	3,3045	3,1757	3,2421
11:39:00	3,2698	3,7019	2,7758	2,6295	3,0716	3,5583	3,2654	3,3128
11:40:00	3,5195	3,9223	2,8646	2,7333	3,1621	3,5936	3,3139	3,3687
11:41:00	3,399	3,7941	2,7933	2,612	3,0357	3,3755	3,102	3,1793
11:42:00	3,2811	3,5836	2,6886	2,4938	2,9529	3,0845	2,9734	2,9841
11:43:00	2,9603	3,3337	2,468	2,3661	2,7891	3,0475	2,7665	2,8691
11:44:00	2,9461	3,3562	2,4897	2,4245	2,8658	3,0581	2,676	2,7591
11:45:00	2,9762	3,3856	2,4945	2,4495	2,9215	3,107	2,7098	2,7816
11:46:00	2,8929	3,3368	2,4331	2,4009	2,8921	2,9876	2,67	2,7632
11:47:00	2,8541	3,2422	2,3451	2,2919	2,7325	2,924	2,6569	2,7723
11:48:00	2,867	3,2464	2,3547	2,2964	2,7737	2,9765	2,6716	2,7829
11:49:00	2,874	3,2642	2,3948	2,3375	2,7957	3,0022	2,743	2,8319
11:50:00	3,0693	3,3884	2,5313	2,4596	2,8681	3,175	3,0099	3,0901
11:51:00	3,6108	3,5474	2,7486	2,677	3,0475	3,315	3,248	3,2892
11:52:00	3,7629	3,6369	2,8927	2,8036	3,1552	3,2154	3,122	3,1702
11:53:00	3,441	3,5196	2,7148	2,6536	3,0261	3,3702	3,1388	3,2485
11:54:00	4,2027	3,8498	2,8984	2,8806	3,245	3,4204	3,3208	3,347
11:55:00	3,8884	3,6264	2,8878	2,8481	3,2038	3,2066	3,0483	3,1696
11:56:00	3,7757	3,514	2,7795	2,7477	3,0924	3,1378	2,9678	3,1142
11:57:00	3,7399	3,4529	2,709	2,6459	3,0108	3,091	2,9342	3,1579
11:58:00	4,3442	3,4279	2,6725	2,6148	2,9894	3,0776	2,8789	3,1407
11:59:00	3,75	3,4616	2,6609	2,5805	2,9719	3,1368	3,006	4,4913
12:00:00	3,568	3,3712	2,6645	2,6083	2,976	3,1304	3,0224	6,5928
12:01:00	3,4695	3,5265	2,6706	2,6628	3,0448	3,2054	3,0583	4,9763
12:02:00	3,7226	3,45	2,6358	2,6322	3,0455	3,228	2,8348	4,9328
12:03:00	3,5447	3,5428	2,5565	2,5654	3,0402	3,085	2,7327	3,4993

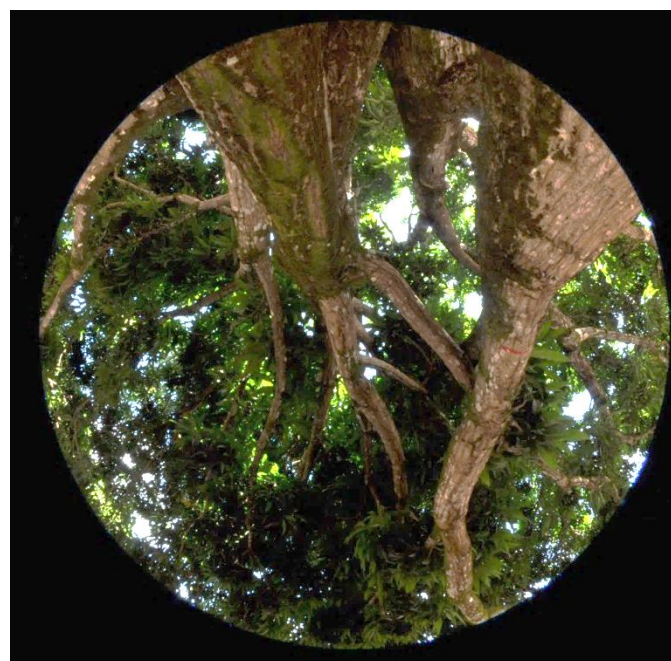
12:04:00	3,5625	3,2949	2,4825	2,4623	2,8965	3,0409	2,693	2,9526
12:05:00	3,928	3,3839	2,4756	2,4406	2,9426	3,0581	2,6883	2,8378
12:06:00	3,6059	3,2148	2,3973	2,3673	2,9061	2,9033	2,587	2,7101
12:07:00	3,1678	3,2331	2,396	2,3617	3,0627	2,9827	2,6595	2,7581
12:08:00	3,2907	3,2541	2,4412	2,4028	3,6698	2,9024	2,6303	2,7309
12:09:00	2,911	3,0981	2,3132	2,2454	3,2231	2,7134	2,4712	2,5557
12:10:00	2,8279	3,056	2,2728	2,1993	2,7105	2,8418	2,6528	2,7384
12:11:00	3,0069	3,2138	2,4256	2,3395	2,8372	2,8796	2,6264	2,7248
12:12:00	2,9498	3,217	2,3528	2,2848	2,738	2,8732	2,6336	2,7321
12:13:00	2,9944	3,1822	2,3531	2,2519	2,4583	2,7045	2,4751	2,5796
12:14:00	2,9759	3,1033	2,1906	2,0828	2,3088	2,8573	2,5899	2,7127
12:15:00	4,881	3,2583	2,3372	2,2487	3,1406	2,8845	2,6248	2,8962
12:16:00	3,5864	3,2753	2,3477	2,2463	3,1	2,9659	2,7169	3,5511
12:17:00	3,4852	3,3033	2,3877	2,2707	2,9856	2,8051	2,7076	4,1557
12:18:00	3,1081	3,3953	2,4223	2,2744	2,7597	2,8249	2,818	3,6503
12:19:00	2,9312	3,2283	2,5568	2,2704	2,475	2,7269	2,8017	4,0542
12:20:00	2,7029	3,0842	2,8639	2,1872	2,3176	2,6981	2,7721	3,6653
12:21:00	2,8072	3,0815	2,5421	2,1641	2,3362	2,641	2,6655	3,1853
12:22:00	2,7318	2,9742	2,3034	2,0479	2,2485	2,5355	2,5828	2,6849
12:23:00	2,6166	2,8786	2,2139	1,9809	2,1804	2,5862	2,6327	2,707
12:24:00	2,6684	2,9441	2,1994	2,0044	2,2122	2,5058	2,5496	2,5225
12:25:00	2,4933	2,8037	2,1651	1,9905	2,136	2,4663	2,5412	2,5206
12:26:00	2,4892	2,8047	2,1316	1,9979	2,1169	2,4709	2,5199	2,4988
12:27:00	2,5175	2,8238	2,1117	1,9139	2,104	2,4382	2,5649	2,4695
12:28:00	2,4078	2,7054	2,0601	1,8509	2,0309	2,3798	2,5659	2,4509
12:29:00	2,4888	2,7628	2,121	1,866	2,116	2,4176	2,6136	2,4887
12:30:00	2,4677	2,7619	2,1269	1,8774	2,1842	2,4352	2,5918	2,5059
12:31:00	2,5069	2,8	2,143	1,8909	2,2007	2,4405	2,5864	2,5049
12:32:00	2,4752	2,7612	2,1365	1,8831	2,1936	2,4059	2,5731	2,4652
12:33:00	2,4449	2,7112	2,1022	1,8438	2,1465	2,4179	2,8853	2,4973
12:34:00	2,4674	2,6973	2,1575	1,8406	2,1348	2,4488	3,0721	2,5235
12:35:00	2,4437	2,6914	2,2211	1,853	2,1681	2,3391	2,8389	2,436
12:36:00	2,3661	2,5839	2,2747	1,8108	2,0751	2,3388	2,7287	2,4383
12:37:00	2,3932	2,6056	2,3178	1,8261	2,0945	2,3619	2,5981	2,4607
12:38:00	2,4364	2,631	2,2596	1,823	2,0954	2,3978	2,5362	2,5058
12:39:00	2,4478	2,6091	2,2164	1,8264	2,0957	2,3782	2,4572	2,4778
12:40:00	2,475	2,63	2,2286	1,8565	2,1325	2,4397	2,4852	2,521
12:41:00	2,6367	2,6687	2,4896	1,8906	2,1671	2,4955	2,5084	2,5704
12:42:00	2,7494	2,7336	2,5496	1,8844	2,1881	2,4258	2,4946	2,5535
12:43:00	2,6423	2,6713	2,426	1,895	2,1526	2,5241	2,5342	2,6117
12:44:00	2,5819	2,7657	2,2102	1,9334	2,2639	2,46	2,4959	2,576
12:45:00	2,5158	2,6779	2,1854	1,9054	2,1586	2,5512	2,5713	2,6476
12:46:00	2,6162	2,7758	2,2091	1,9297	2,234	2,4599	2,5086	2,5986
12:47:00	2,5742	2,6836	2,1649	1,8863	2,1774	2,4163	2,4903	2,5636
12:48:00	2,4867	2,6196	2,1473	1,8868	2,1121	2,4175	2,5098	2,5929
12:49:00	2,5904	2,6208	2,1696	1,9048	2,1494	2,3967	2,4386	2,5268
12:50:00	2,4498	2,6154	2,0754	1,8554	2,1386	2,5579	2,5228	2,6409
12:51:00	2,7871	2,8011	2,2362	1,9479	2,2446	2,6141	2,601	2,7502
12:52:00	2,6781	2,7615	2,3169	2,0113	2,2752	2,5798	2,5834	2,7388
12:53:00	2,6225	2,7694	2,3293	2,0341	2,2846	2,7913	2,6825	2,9703
12:54:00	2,7342	2,8895	2,583	2,1609	2,4643	2,8648	2,7121	3,4881
12:55:00	2,7121	2,9235	2,4911	2,1883	2,4851	3,0255	2,8142	4,7287
12:56:00	2,9041	3,0842	2,6984	2,2827	2,6085	3,0855	2,8959	5,7016
12:57:00	2,8404	3,0664	2,6932	2,2943	2,5641	3,161	2,9588	3,9723
12:58:00	2,8435	3,0814	2,6777	2,3139	2,5152	4,427	2,9542	3,3318
12:59:00	3,0713	3,2738	3,1849	2,4684	2,6945	5,3455	3,2144	3,6033
13:00:00	3,0358	3,2243	3,3472	2,6238	2,8502	3,898	3,226	3,7134

CAROLINA								
CÉU ENCOBERTO – 06/07/2013								
HORÁRIO	SUL	SUDESTE	NOROESTE	NORTE	NORDESTE	LESTE	OESTE	SUDOESTE
11:00:00	2,5119	3,0519	0,4306	0,32433	1,4442	2,156	3,0871	3,1252
11:01:00	2,5608	3,1103	0,29106	0,22953	1,4338	2,643	2,9518	2,9906
11:02:00	2,6524	3,0826	0,28352	0,24123	1,755	2,7394	3,5827	3,6211
11:03:00	2,809	3,0881	0,33786	0,31578	3,2062	3,4839	3,5475	3,5947
11:04:00	2,9614	3,0891	0,3352	0,36477	3,1025	3,2402	3,4436	3,488
11:05:00	3,148	3,1273	0,32164	0,229	2,9336	3,0455	3,2081	3,2654
11:06:00	3,2622	3,1234	0,30646	0,27423	2,7642	2,156	3,0871	3,1252
11:07:00	3,3618	3,1408	0,29106	0,25953	2,2538	2,643	2,9518	2,9906
11:08:00	3,3126	3,1444	0,28352	0,25223	1,755	2,415	2,8626	2,8593
11:09:00	3,395	3,1097	0,27439	0,93585	1,7821	2,1096	2,7568	2,6866
11:10:00	3,3283	3,154	1,494	2,0062	1,9136	1,8762	2,558	2,5277
11:11:00	3,2777	3,1374	2,1725	1,8089	1,624	1,335	2,2533	2,1084
11:12:00	3,3038	3,1069	1,7165	1,5278	1,4682	1,6273	2,0555	2,0107
11:13:00	3,2956	3,0776	1,1826	1,4157	1,4248	1,5744	1,8898	1,9111
11:14:00	3,2704	3,1456	1,6013	1,1714	1,4879	1,9374	1,9268	2,0447
11:15:00	3,2664	3,0905	1,6261	1,1711	1,6055	2,1015	2,0547	2,2435
11:16:00	3,4027	3,1408	1,7937	1,5349	1,7342	2,203	2,2213	2,2963
11:17:00	3,3716	3,09	1,8903	1,6254	1,7923	2,2264	2,3599	2,4387
11:18:00	3,3316	3,0983	1,9418	1,6597	1,8556	2,1985	2,2876	2,441
11:19:00	3,3133	3,082	1,9488	1,6835	1,8768	2,1611	2,2978	2,3679
11:20:00	3,3209	3,1259	1,9536	1,6575	1,8298	2,0271	2,2781	2,3134
11:21:00	3,3752	3,124	1,9138	1,6053	1,6582	1,9098	2,2824	2,2712
11:22:00	3,331	3,0895	1,9144	1,5668	1,584	1,9314	2,3637	2,3362
11:23:00	3,3687	3,0635	1,9439	1,6162	1,6433	2,0708	2,3953	2,4462
11:24:00	3,3052	3,1199	1,9921	1,6838	1,7572	2,252	2,3904	2,4739
11:25:00	3,3536	3,1853	2,0753	1,7785	1,8893	2,3951	2,6681	2,6859
11:26:00	3,2924	3,0841	2,2641	1,9297	2,0442	2,4434	2,7571	2,7764
11:27:00	3,3202	3,4834	2,3704	2,0036	2,1397	2,5306	3,0055	2,8578
11:28:00	3,3416	3,2656	2,4799	2,0651	2,2155	2,4298	2,912	2,7942
11:29:00	3,3733	2,252	2,3755	1,974	2,0897	2,2714	2,6624	2,6632
11:30:00	3,4076	2,3951	2,1815	1,8758	1,9277	2,215	2,4842	2,5211
11:31:00	3,3693	2,4434	2,0746	1,7753	1,8689	2,3557	2,4645	2,5254
11:32:00	3,4053	2,5306	2,097	1,7648	1,9189	2,573	2,6277	2,7309
11:33:00	3,3635	2,4298	2,2068	1,8626	2,0212	2,6481	2,8182	2,9291
11:34:00	3,3498	2,2714	2,3159	1,9552	2,152	2,7089	2,9608	3,0506
11:35:00	3,3182	2,643	2,4304	2,0385	2,2036	2,7485	3,0285	3,1178
11:36:00	3,3218	2,7394	2,4761	2,0893	2,2397	2,7771	3,02	3,0804
11:37:00	3,2997	3,4839	2,4989	2,1293	2,2863	2,7622	3,1041	3,0986
11:38:00	3,3329	3,2402	2,5437	2,1773	2,3019	2,7302	3,1086	3,093
11:39:00	3,3578	3,0455	2,5476	2,167	2,294	2,8203	3,1105	3,0748
11:40:00	3,3278	2,156	2,5307	2,1914	2,2942	2,8391	3,0638	3,0948
11:41:00	3,3953	2,643	2,4457	2,1811	2,3679	2,8653	2,856	2,9825
11:42:00	3,4274	2,415	2,3354	2,0963	2,3362	2,7747	2,7192	2,8051
11:43:00	3,4218	2,1096	2,2243	1,9998	2,2819	2,6813	2,5704	2,7005
11:44:00	3,3912	1,8762	2,1678	1,9225	2,1834	2,5041	2,429	2,5187
11:45:00	3,439	1,335	2,0726	1,8366	2,1099	2,3982	2,276	2,3775
11:46:00	3,3679	1,6273	1,9849	1,7754	2,0319	2,2627	2,1183	2,2368
11:47:00	3,4101	1,5744	1,8952	1,7135	1,8801	2,1027	2,0127	2,0457
11:48:00	3,4058	1,9374	1,7248	1,5778	1,7067	2,021	1,9046	1,9545
11:49:00	3,4892	2,1015	1,6328	1,4951	1,6821	2,1386	1,9075	2,0133
11:50:00	3,5294	2,203	1,6449	1,5089	1,7405	2,2698	1,9454	2,0581
11:51:00	3,6431	2,2264	1,7056	1,5862	1,8187	2,3212	1,9851	2,1118
11:52:00	3,6846	2,1985	1,7313	1,6244	1,8843	2,4024	2,0641	2,165
11:53:00	3,7077	2,1611	1,8121	1,6937	1,9671	2,4556	2,1689	2,2912
11:54:00	3,6789	2,0271	1,8965	1,7379	2,0447	2,5401	2,1398	2,3481
11:55:00	3,7506	1,9098	1,8911	1,7868	2,0665	2,5706	2,1254	2,3152
11:56:00	3,7546	1,9314	1,8911	1,8146	2,1284	2,6157	2,2358	2,3883
11:57:00	3,5856	2,0708	1,966	1,9054	2,1857	2,6201	2,3106	2,4705
11:58:00	3,712	2,252	1,9867	1,8779	2,1693	2,625	2,3384	2,4765
11:59:00	3,6228	2,3951	2,0163	1,9057	2,1725	2,6681	2,3289	2,485
12:00:00	3,1252	2,4434	2,0443	1,9434	2,2069	2,6958	2,3362	2,4836
12:01:00	2,9906	2,5306	2,0788	2,0196	2,2355	2,7395	2,3964	2,5119
12:02:00	3,6211	2,4298	2,1525	2,1115	2,2867	2,7883	2,4644	2,5608
12:03:00	3,5947	2,2714	2,2552	2,214	2,3941	2,8673	2,6062	2,6524

12:04:00	3,488	2,215	2,3468	2,3465	2,53	2,9332	2,7589	2,809
12:05:00	3,2654	2,3557	2,4425	2,4398	2,6275	3,0064	2,9222	2,9614
12:06:00	3,1252	2,573	2,5586	2,4948	2,7293	3,0723	3,0807	3,148
12:07:00	2,9906	2,6481	2,7062	2,5459	2,782	3,1309	3,169	3,2622
12:08:00	2,8593	2,7089	2,8114	2,622	2,848	3,2253	3,2711	3,3618
12:09:00	2,6866	2,7485	2,817	2,6341	2,8088	3,2117	3,2259	3,3126
12:10:00	2,5277	2,7771	2,8169	2,6413	2,8232	3,2891	3,2563	3,395
12:11:00	2,1084	2,7622	2,8421	2,666	2,8486	3,2021	3,1778	3,3283
12:12:00	2,0107	2,7302	2,8254	2,6317	2,7668	3,1548	3,1388	3,2777
12:13:00	1,9111	2,8203	2,8189	2,6313	2,8051	3,1722	3,1673	3,3038
12:14:00	2,0447	2,8391	2,8192	2,63	2,85	3,193	3,1586	3,2956
12:15:00	2,2435	2,8653	2,7821	2,6145	2,7855	3,1472	3,123	3,2704
12:16:00	2,2963	2,7747	2,7702	2,5766	2,7121	3,1008	3,1123	3,2664
12:17:00	2,4387	2,6813	2,785	2,5839	2,7263	3,092	3,1531	3,4027
12:18:00	2,441	2,5041	2,8213	2,5974	2,7483	3,1526	3,2039	3,3716
12:19:00	2,3679	2,3982	2,845	2,6045	2,732	3,0872	3,2213	3,3316
12:20:00	2,3134	2,2627	2,8527	2,5984	2,7028	3,0729	3,2285	3,3133
12:21:00	2,2712	2,1027	2,8347	2,6062	2,6955	3,1141	3,2695	3,3209
12:22:00	2,3362	2,021	2,8592	2,6096	2,6978	3,1563	3,3225	3,3752
12:23:00	2,4462	2,1386	2,8895	2,6149	2,7383	3,126	3,3033	3,331
12:24:00	2,4739	2,2698	2,8438	2,5798	2,6761	3,1383	3,3471	3,3687
12:25:00	2,6859	2,3212	2,9138	2,5975	2,6731	3,0948	3,3268	3,3052
12:26:00	2,7764	2,4024	2,8926	2,5894	2,6299	3,1213	3,3842	3,3536
12:27:00	2,8578	2,4556	2,9113	2,5997	2,6549	3,061	3,3382	3,2924
12:28:00	2,7942	2,5401	2,8745	2,5924	2,6299	3,088	3,3481	3,3202
12:29:00	2,6632	2,5706	2,895	2,5915	2,6438	3,0767	3,3546	3,3416
12:30:00	2,5211	2,6157	2,9054	2,5875	2,6478	3,0594	3,3497	3,3733
12:31:00	2,5254	2,6201	2,9093	2,6159	2,657	3,0647	3,3607	3,4076
12:32:00	2,7309	2,625	2,924	2,6133	2,6771	3,0519	3,3367	3,3693
12:33:00	2,9291	2,6681	2,909	2,6046	2,7123	3,1103	3,4109	3,4053
12:34:00	3,0506	2,6958	2,933	2,605	2,7151	3,0826	3,3822	3,3635
12:35:00	3,1178	3,4839	2,921	2,5976	2,7197	3,0881	3,3549	3,3498
12:36:00	3,0804	3,2402	2,9001	2,5855	2,7168	3,0891	3,3421	3,3182
12:37:00	3,0986	3,0455	2,8872	2,5904	2,7203	3,1273	3,3377	3,3218
12:38:00	3,093	2,156	2,8832	2,6084	2,7529	3,1234	3,3047	3,2997
12:39:00	3,0748	2,643	2,8768	2,6053	2,7332	3,1408	3,3171	3,3329
12:40:00	3,0948	2,415	2,9102	2,619	2,7524	3,1444	3,3356	3,3578
12:41:00	2,9825	2,1096	2,9499	2,6347	2,7652	3,1097	3,2809	3,3278
12:42:00	2,8051	1,8762	2,9386	2,629	2,7327	3,154	3,3409	3,3953
12:43:00	2,7005	1,335	2,977	2,6551	2,7781	3,1374	3,3681	3,4274
12:44:00	2,5187	1,6273	3,0255	2,6527	2,7345	3,1069	3,3515	3,4218
12:45:00	2,3775	1,5744	3,0198	2,6533	2,7456	3,0776	3,332	3,3912
12:46:00	2,2368	1,9374	3,0069	2,6564	2,738	3,1456	3,3954	3,439
12:47:00	2,0457	2,1015	2,9806	2,6376	2,7191	3,0905	3,341	3,3679
12:48:00	1,9545	2,203	2,985	2,6177	2,7067	3,1408	3,4043	3,4101
12:49:00	2,0133	2,2264	2,9987	2,6364	2,7153	3,09	3,4124	3,4058
12:50:00	2,0581	2,1985	2,9985	2,6548	2,7037	3,0983	3,4779	3,4892
12:51:00	2,1118	2,1611	3,0268	2,6661	2,7142	3,082	3,5161	3,5294
12:52:00	2,165	2,0271	3,0516	2,6702	2,702	3,1259	3,5744	3,6431
12:53:00	2,2912	1,9098	3,1284	2,7105	2,7632	3,124	3,6187	3,6846
12:54:00	2,3481	1,9314	3,1661	2,695	2,734	3,0895	3,6502	3,7077
12:55:00	2,3152	2,0708	3,2039	2,6826	2,7322	3,0635	3,6411	3,6789
12:56:00	2,3883	2,252	3,2198	2,6866	2,7317	3,1199	3,6873	3,7506
12:57:00	2,4705	3,09	3,2176	2,6755	2,7435	3,1853	3,6839	3,7546
12:58:00	2,4765	3,0983	3,2007	2,6556	2,693	3,0841	3,5942	3,5856
12:59:00	2,485	3,082	3,1258	2,6259	2,6126	3,4834	3,6877	3,712
13:00:00	2,4836	3,1259	3,2223	2,7265	2,7175	3,2656	3,6359	3,6228

Apêndice B – Fotografias hemisféricas das espécies arbóreas estudadas

Fotografias hemisféricas - MANGUEIRA



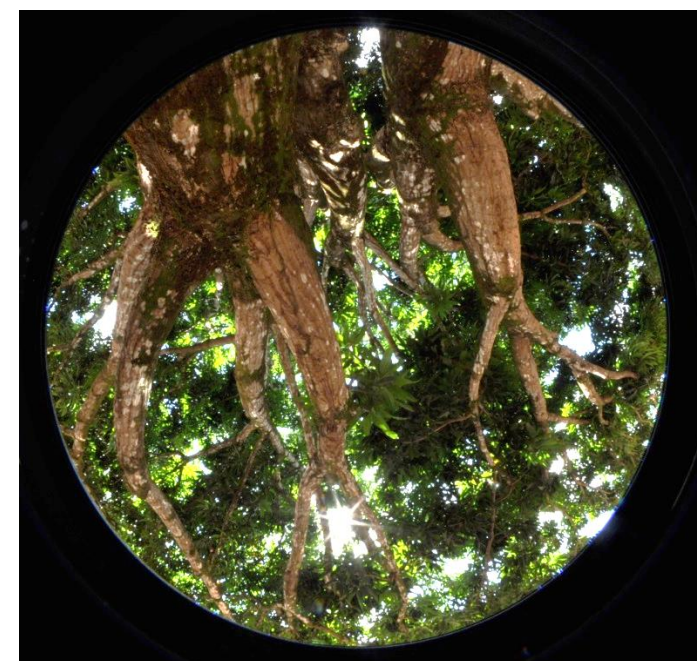
Norte



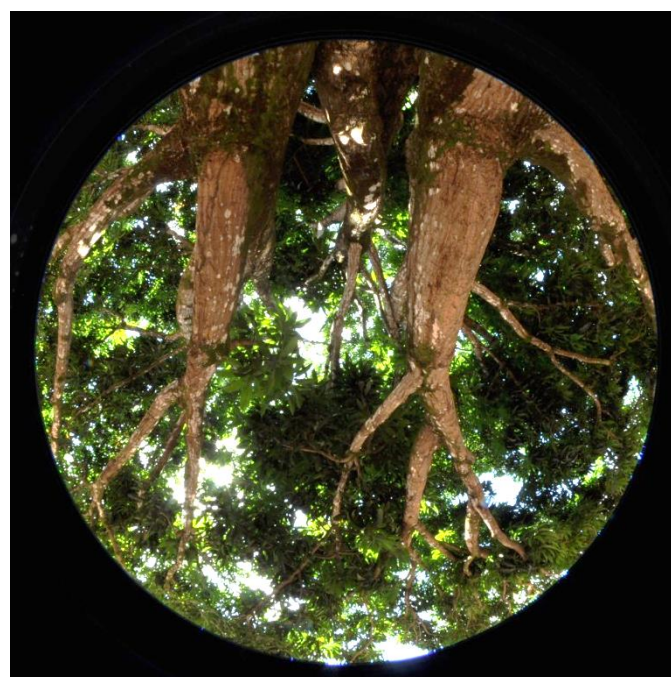
Nordeste



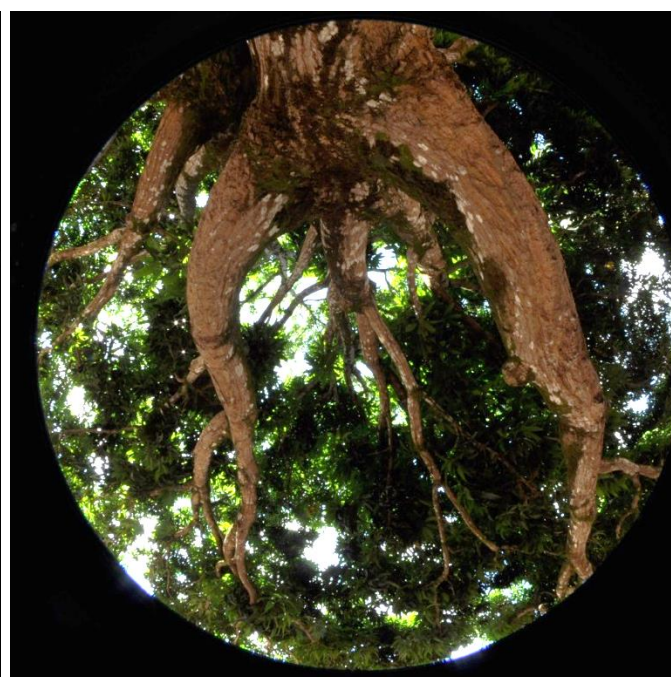
Leste



Sudeste



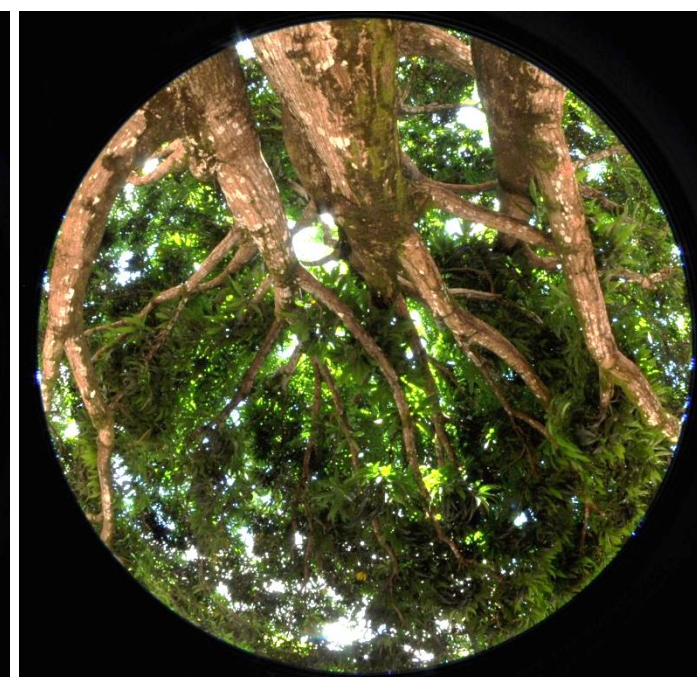
Sul



Sudoeste



Oeste



Noroeste

Fotografias hemisféricas – PAU-BRASIL



Norte



Nordeste



Leste



Sudeste



Sul



Sudoeste

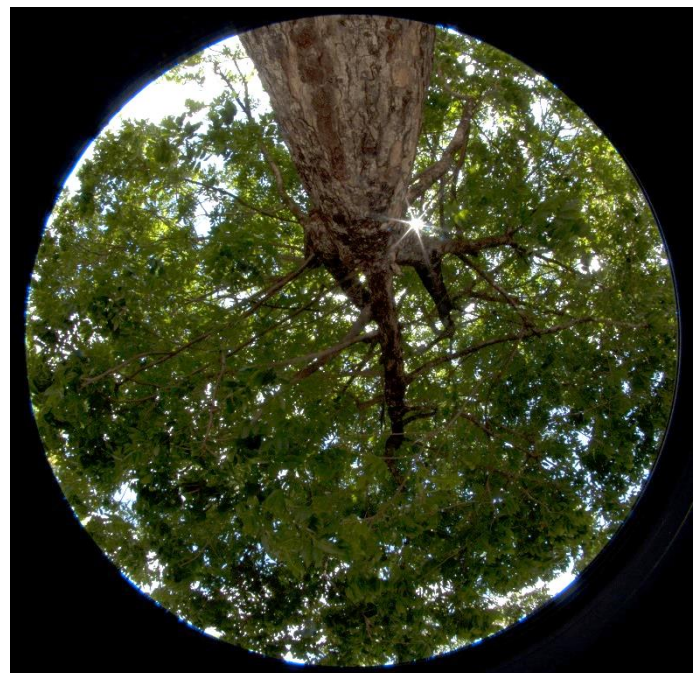


Oeste



Noroeste

Fotografias hemisféricas – PITOMBEIRA



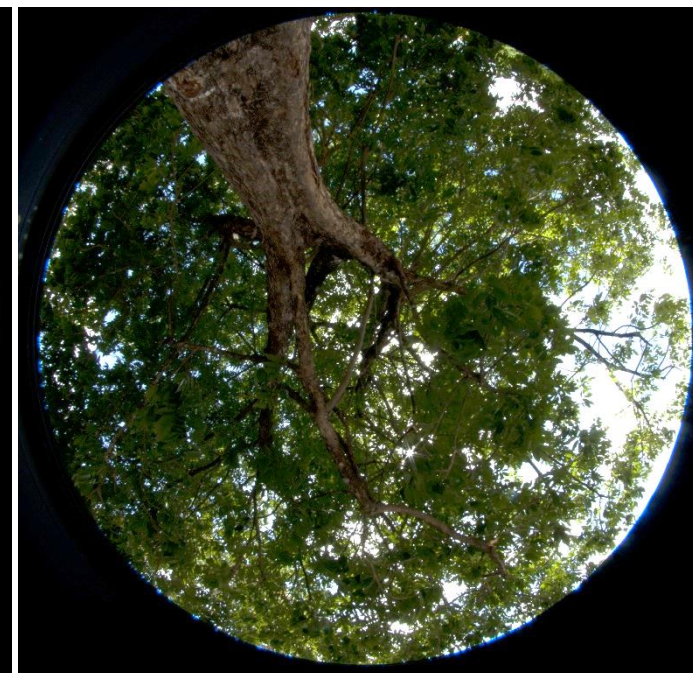
Norte



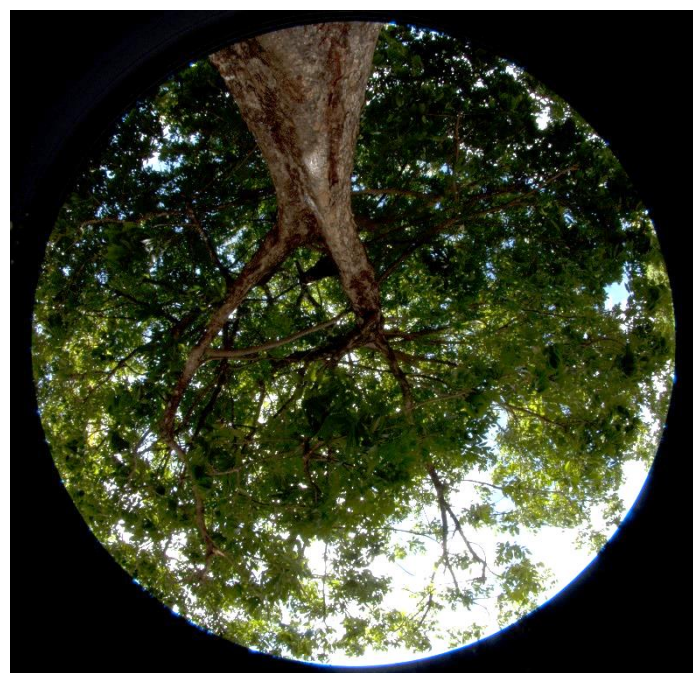
Nordeste



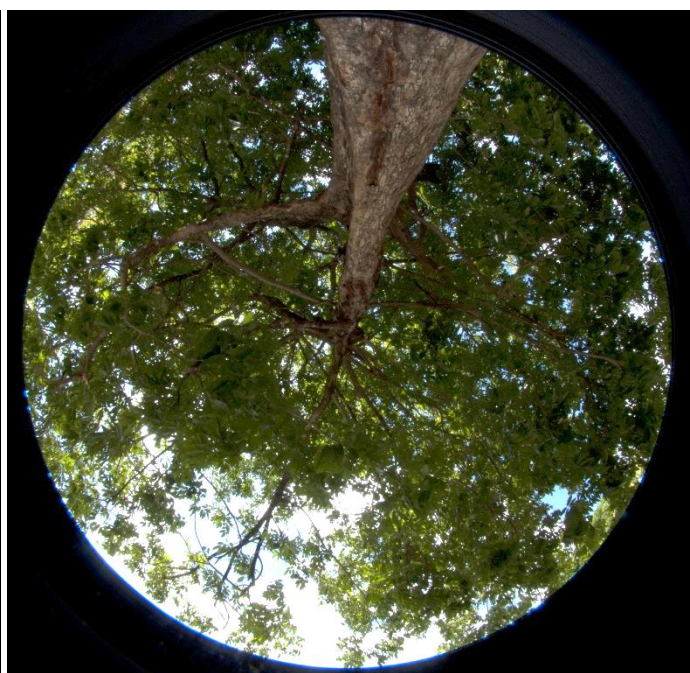
Leste



Sudeste



Sul



Sudoeste

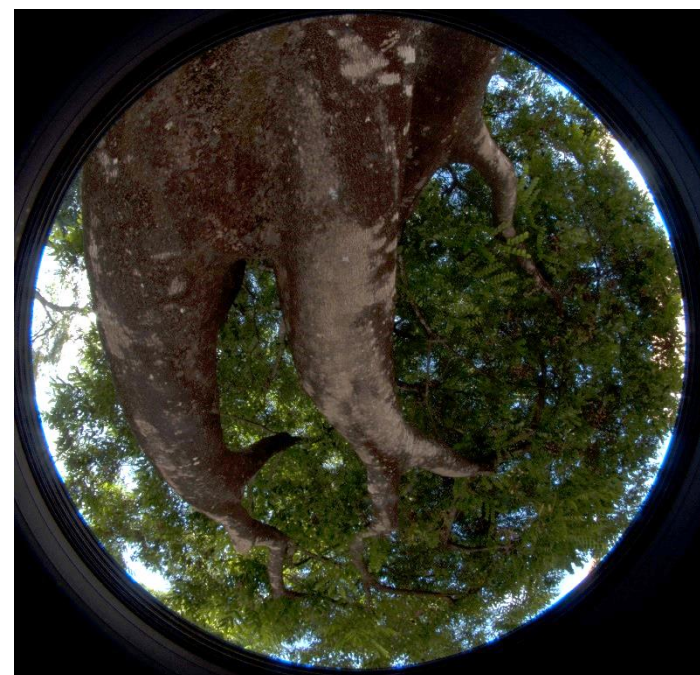


Oeste

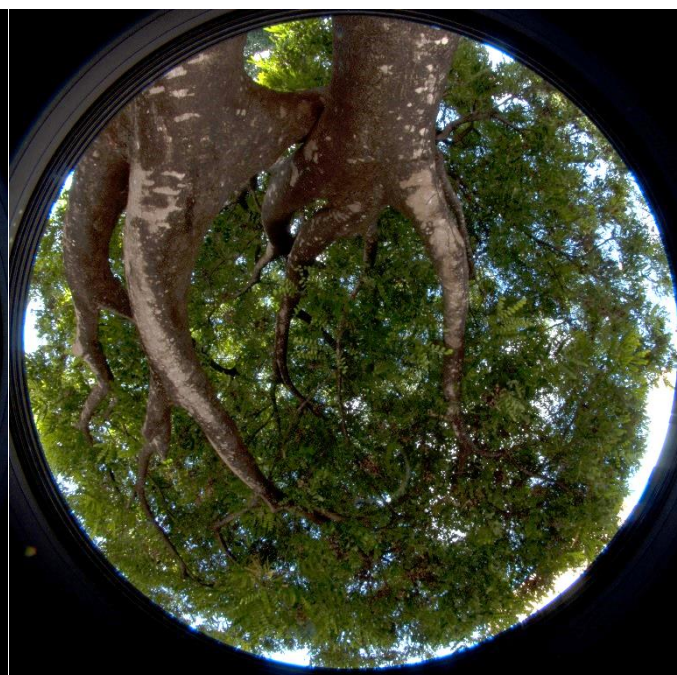


Noroeste

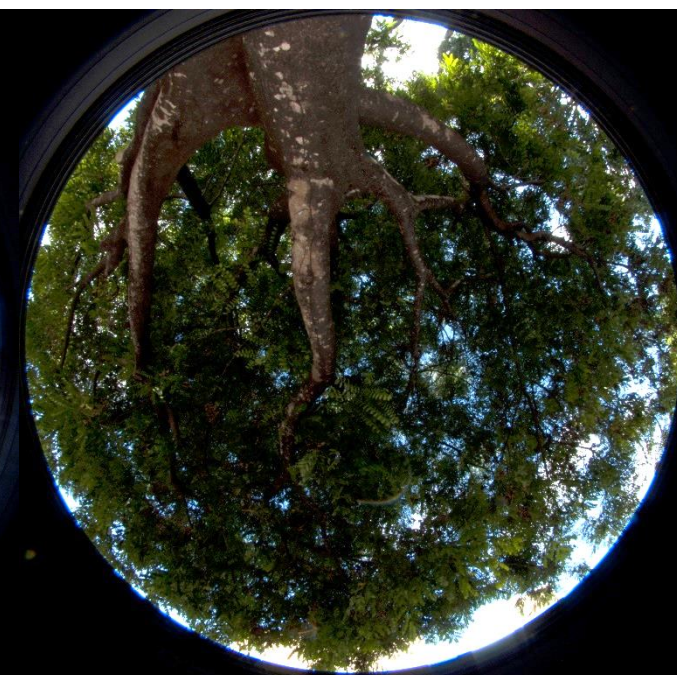
Fotografias hemisféricas – CAROLINA



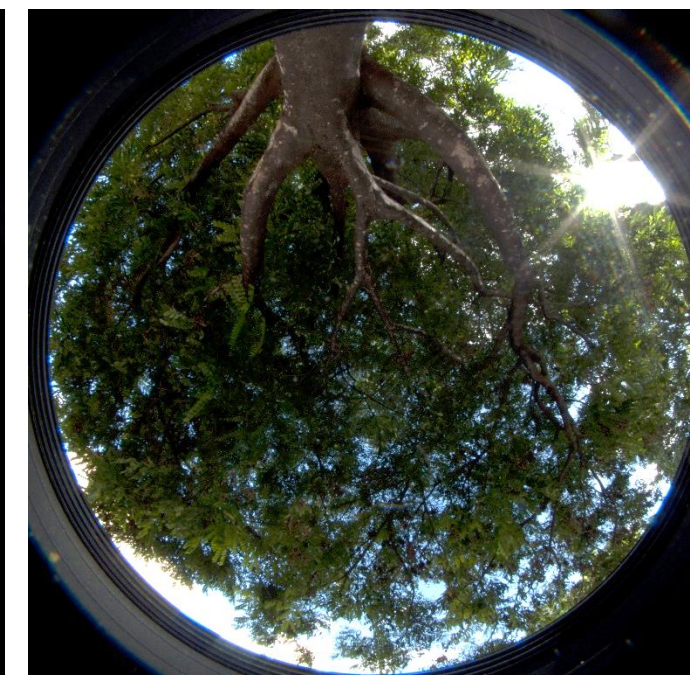
Norte



Nordeste



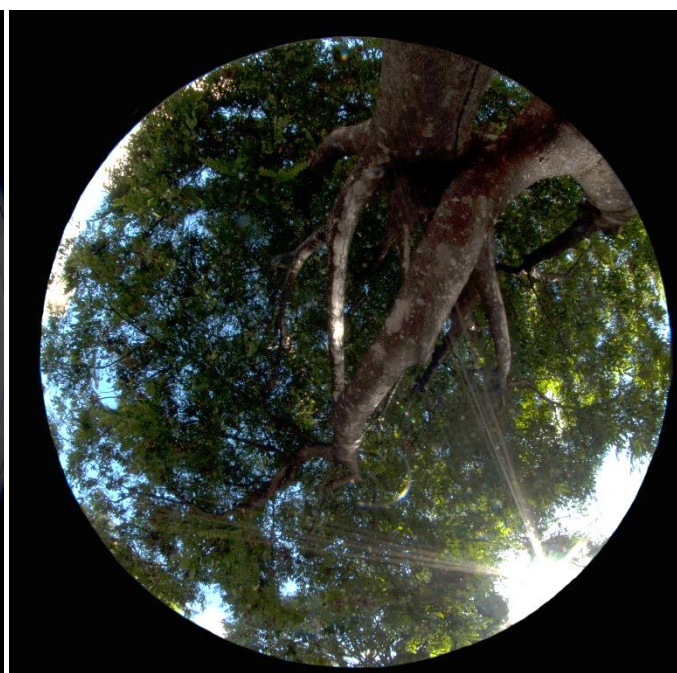
Leste



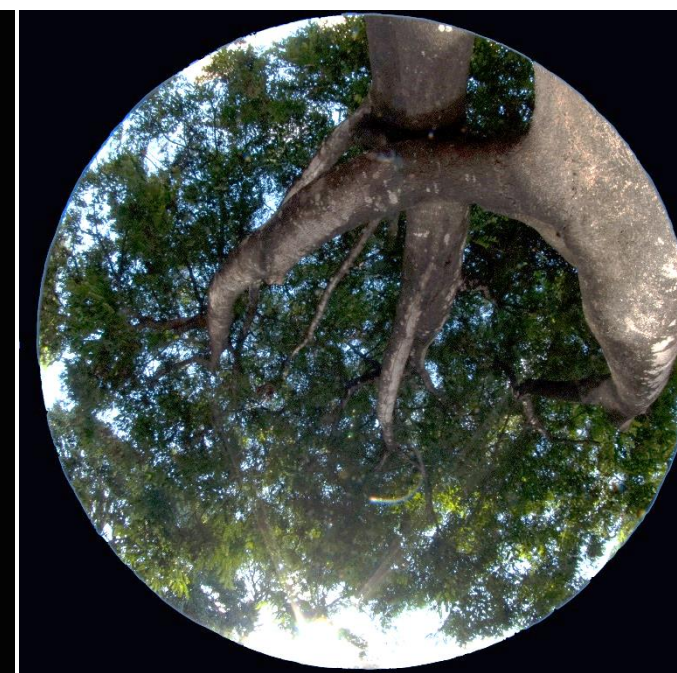
Sudeste



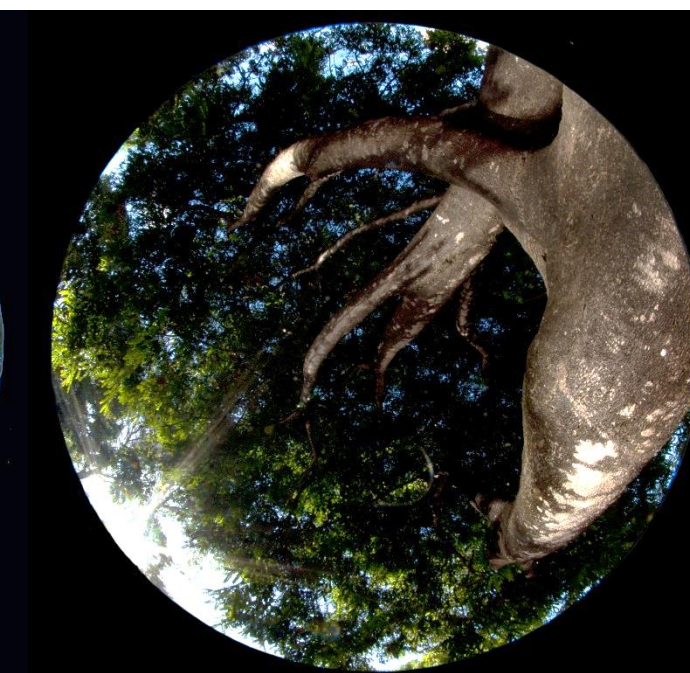
Sul



Sudoeste



Oeste



Noroeste

Apêndice C – Dados de *fração de lacuna* por fotografia hemisférica em função do ângulo zenital e ângulo azimutal

Fração de lacuna - MANGUEIRA										
Ângulo Zenital	Ângulo Azimutal	Orientação da fotografia hemisférica								Dados selecionados
		N	NE	L	SE	S	SO	O	NO	
86,8	11,3	0,003	0,0002	0,0112	0,0251	0	0,0033	0,0046	0,0002	0,0032
86,8	33,8	0,005	0,0435	0,0016	0,0141	0	0	0	0,0002	0,0055
86,8	56,3	0,035	0,0199	0,0177	0,0466	0,002	0	0,0059	0,0067	0,0199
86,8	78,8	0,051	0,0655	0,1433	0,184	0,0034	0	5E-05	0,0213	0,0655
86,8	101,3	0,004	0,0064	0,0021	0,0284	0,007	0	0	0,001	0,0021
86,8	123,8	0,028	0,0401	0,0141	0,0043	0,038	0,0046	0	0,002	0,0141
86,8	146,3	0,002	0,0393	0,0702	0,0161	0,0166	0,0103	0,0222	0,0015	0,0161
86,8	168,8	0	0,0372	0,057	0	0,0159	0,046	0,094	0,0522	0
86,8	191,3	0	0,0293	0,0727	0,0951	0,057	0,0174	0,182	0	0,057
86,8	213,8	0	0,1141	0,1339	0,0005	0,2513	0,2142	0,0247	0	0,2513
86,8	236,3	0	0	0,1426	0	0,0515	0,0341	0,007	0,0086	0,0341
86,8	258,8	0,001	0	0,0011	0,001	0,0011	0,0248	0,0995	0,0249	0,0248
86,8	281,3	0,012	0,0026	0	0,0053	0,0049	0,0654	0,0016	0	0,0016
86,8	303,8	0,019	0,0353	0	0,0009	0	0	5E-05	0	5E-05
86,8	326,3	0,051	0,0485	0,0206	0,0121	0	5E-05	0,0136	0,0098	0,0098
86,8	348,8	0,036	0,0204	0	0,031	0	0,0371	0,012	0,0334	0,0334
80,4	11,3	0,004	0,014	0,0001	0,0341	0	0,0104	0,0013	0,0002	0,0041
80,4	33,8	0	0,0102	0,0045	0,0731	0,0046	0	0,0003	0	0
80,4	56,3	0,012	0,0118	0,0059	0,083	0,0037	0	0,0036	0,0044	0,0118
80,4	78,8	0,029	0,0422	0,0187	0,0883	0,028	0	0	0,0077	0,0422
80,4	101,3	0,001	0,0105	0,0091	0,0099	0,0155	0	0	0,0171	0,0091
80,4	123,8	0,036	0,0259	0,029	0,0226	0,0244	0,0118	0	0,0005	0,029
80,4	146,3	0	0,0812	0,0723	0,0258	0,0326	0,0142	0,0021	0	0,0258
80,4	168,8	0	0,0615	0,0558	0,0155	0,0581	0,1104	0,1519	0,0015	0,0155
80,4	191,3	0	0,0216	0,0796	0,0661	0,0941	0,0632	0,1746	0	0,0941
80,4	213,8	0	0	0,1936	0,0005	0,1371	0,1269	0,0175	0,0003	0,1371
80,4	236,3	0,002	0	0,0913	0	0,031	0,0026	0,0123	0	0,0026
80,4	258,8	0,008	0	0,0269	0,0037	0,0157	0,0019	0,0341	0,042	0,0019
80,4	281,3	0,041	0,0079	0	0,0213	0,0431	0,0092	0,0002	0,0031	0,0002
80,4	303,8	0,008	0,012	0	0,0017	0,0004	0	0,0009	0,0105	0,0009
80,4	326,3	0,161	0,0281	0,0212	0,0172	0	0,0088	0,0726	0,1504	0,1504
80,4	348,8	0,023	0,0016	0	0,0255	0	0,2348	0,1514	0,0207	0,0207
73,8	11,3	4E-04	0,0067	0,0002	0,0017	0,0134	0,0012	0,0091	0,0007	0,0004
73,8	33,8	0,008	0,0091	0,0139	0,1339	0,0014	0,0005	0,0009	0,0002	0,0077
73,8	56,3	0,001	0,008	0,0019	0,0944	0	0	0,0012	0,0049	0,008
73,8	78,8	0,007	0,0075	0,005	0,0916	0,0112	0	0,0044	0,0071	0,0075
73,8	101,3	0,058	0,0412	0,0459	0,0119	0,0213	0	0	0,0427	0,008
73,8	123,8	0,028	0,0078	0,0893	0,0487	0,0214	0,0022	0	0,0096	0,0075
73,8	146,3	0	0,0491	0,0486	0,0016	0,0038	0,008	0,0148	0,007	0,0016
73,8	168,8	0	0,0847	0,0232	0,0065	0,1713	0,081	0,0151	0,0079	0,0065
73,8	191,3	5E-04	0,1063	0,0339	0,0068	0,0985	0,0607	0,0486	0,0016	0,0985
73,8	213,8	0	0,0009	0,1484	0	0,0806	0,0655	0,0142	0,0741	0,0806
73,8	236,3	0,085	0,1073	0,0399	0	0,004	0,0077	0,0685	0,0087	0,0077
73,8	258,8	0,002	0,0004	0,0912	0,0275	0,0476	0,0304	0,0365	0,0016	0,0304
73,8	281,3	0,011	0,0006	0	0,1019	0,0007	0,0189	0,0059	0,0686	0,0059
73,8	303,8	0,034	0,0453	0	0,0023	0,0092	0,0003	0,0842	0,0645	0,0842
73,8	326,3	0,068	0,0095	0,0311	0,0007	0,0105	0,0764	0,0412	0,1612	0,1612
73,8	348,8	0,005	0,0006	0	0,004	0,0037	0,0888	0,171	0,0216	0,0216
67,1	11,3	0,003	0,012	0	0,0039	0,0082	0,001	0,0134	0,0047	0,0027
67,1	33,8	0	0,0386	0,0078	0,1167	0,0002	0,0062	0,0127	0,0016	0
67,1	56,3	0,016	0,0021	0,0548	0,0494	0,0015	0	0,0107	0,0006	0,0021
67,1	78,8	0,013	0,0254	0,1243	0,1203	0,0496	0	0,0239	0,0033	0,0254
67,1	101,3	0,068	0,0645	0,0808	0,0421	0,046	0	0	0	0,0808
67,1	123,8	0,031	0,0066	0,0558	0,0097	0,0156	0	0	0,1363	0,0558
67,1	146,3	0	0,0466	0,0109	0,0057	0,0301	0,0939	0	0,0016	0,0057
67,1	168,8	0,028	0,4295	0,0204	0	0,198	0,0749	0,0253	0	0
67,1	191,3	0	0,1181	0,2389	0,0009	0,093	0,0051	0,0677	0,0003	0,093
67,1	213,8	0	0,0002	0,0236	0,0005	0,0553	0,0499	0,0346	0,0087	0,0553
67,1	236,3	0,057	0,165	0,0392	0	0,0102	0,0162	0,0082	0,0784	0,0162

67,1	258,8	9E-04	0,0018	0,0688	0,0017	0,0243	0,0327	0,0003	0,0009	0,0327
67,1	281,3	0,004	0,0308	0	0,0865	0,0013	0,0023	0,0044	0,014	0,0044
67,1	303,8	0,014	0,0151	0,0028	0	0,0002	0,0055	0,0628	0,0406	0,0628
67,1	326,3	0,038	0,0001	0,0102	0,0256	0,0076	0,0034	0,0383	0,0789	0,0789
67,1	348,8	0,005	5E-05	0,0006	0,026	0,0006	0,0124	0,0597	0,0028	0,0028
59,9	11,3	0	0,0027	0	0,1844	0,0329	0,0157	0,0036	0,0223	0,0002
59,9	33,8	0	0,0041	0,0002	0,0683	0,0065	5E-05	0,002	0	0
59,9	56,3	3E-04	0,0049	0,0258	0,0006	0,0075	0	0,0002	0	0,0049
59,9	78,8	0,008	0,2132	0,267	0,03	0,0493	0	0,0033	0	0,2132
59,9	101,3	0,151	0,0267	0,0823	0,2438	0,1078	0	0	0,0009	0,0823
59,9	123,8	0,013	0,0189	0,0764	0,0319	0,0123	0,0072	0	0,1122	0,0764
59,9	146,3	0	0,0211	0,1331	0,0003	0,2131	0,0823	0	0,0155	0,0003
59,9	168,8	0,005	0,276	0,0302	0	0,0865	0,0586	0,0016	0	0
59,9	191,3	0	0,1986	0,0737	0,0114	0,0028	0,0032	0,0393	0,0014	0,0028
59,9	213,8	0	0,0008	0,0754	0	0,0566	0,0742	0,0873	0,0242	0,0566
59,9	236,3	0,005	0,0121	0,0171	0	0,0464	0,0802	0,0272	0,0091	0,0802
59,9	258,8	0	0	0,008	0,0003	0,1311	0,0062	0,0021	0	0,0062
59,9	281,3	0,007	0,0624	0	0	0,0044	0,0028	0,0008	0,0042	0,0008
59,9	303,8	0,041	0,0115	0,0049	0,0065	0,0019	0,0036	0,0246	0,0682	0,0246
59,9	326,3	0,004	0,0075	0	0,0932	0,0218	0,0007	0,057	0,0126	0,0126
59,9	348,8	5E-04	0	0,0095	0,0636	0	0,0029	0,021	0	0
52,2	11,3	0	0,0005	0	0,2697	0,0036	0	0,0288	0,0011	0
52,2	33,8	0	0,0067	0	0,0361	0,0027	0	0,0059	0,0004	0,0003
52,2	56,3	0	0,0008	0,0003	0,0431	0	0	0	0	0,0008
52,2	78,8	0	0,1863	0,0197	0,0023	0,0246	0	0,0004	0,0012	0,1863
52,2	101,3	0,006	0,0039	0,0615	0,0563	0,0335	0	0,0023	0,0049	0,0615
52,2	123,8	0,003	0,1945	0,1416	0,0015	0,0064	0,0332	0	0,0174	0,1416
52,2	146,3	0	0,0525	0,2318	0	0,1589	0,0226	0	0,0087	0
52,2	168,8	0,066	0,0896	0,0853	0	0,0283	0,0114	0	0	0
52,2	191,3	0,11	0,0514	0,1104	0,0079	0,0226	0,0209	0,0118	0,001	0,0226
52,2	213,8	1E-03	0	0,0182	0,0258	0,0166	0,0291	0,1089	0,0194	0,0166
52,2	236,3	2E-04	0,0072	0,0025	0	0,1099	0,3025	0,0213	0,0002	0,3025
52,2	258,8	0	0	0	0	0,1857	0,0165	0	0,0002	0,0165
52,2	281,3	0,016	0	0	0,0013	0	0,0068	0	0,0129	0
52,2	303,8	0,018	0,0032	0	0,0245	0,0216	0	0,0543	0,0062	0,0543
52,2	326,3	0,002	0,0183	0,0002	0,0857	0,0012	0	0,0202	0,0227	0,0227
52,2	348,8	5E-05	0	5E-05	0,0028	0	0	0,0023	0,0012	0,0012
43,6	11,3	0,0004	0	0,0052	0,0741	0,0018	0	0,0581	0,0024	0,0004
43,6	33,8	0	0,0013	0,0003	0,0735	0,0021	0	0,0037	0,0008	0
43,6	56,3	0	0,0049	0,0058	0,0403	0	0	0,0084	0	0,0049
43,6	78,8	0	0,0503	0,0327	0,0086	0	0	0	0,0028	0,0503
43,6	101,3	1E-03	0,0374	0,0824	0,0007	0,0009	0	0,147	0,0199	0,0824
43,6	123,8	0	0,1225	0,0951	0	0,0088	0	0	0,0179	0,0951
43,6	146,3	0,006	0,0382	0,0776	0	0,192	0,0058	0	0,0008	0
43,6	168,8	0,099	0,0415	0,1182	0	0,0576	0,002	0	0	0
43,6	191,3	0,082	0,0358	0,3251	0,0145	0,1019	0,0074	0	0	0,1019
43,6	213,8	0,006	0,0064	0,0029	0,0073	0,0042	0,0069	0	0,0104	0,0042
43,6	236,3	0	0,1037	0	0	0,0336	0,0229	0	0,0002	0,0229
43,6	258,8	0	0	0,0018	0	0,0066	0	0	0,0007	0
43,6	281,3	0,036	0	0,0136	0,0461	0,0004	0,0024	0,0205	0,0064	0,0205
43,6	303,8	5E-05	0	0,027	0,0184	0,0003	0,0001	0,0306	0,0144	0,0306
43,6	326,3	0,001	0,004	0,003	0,0175	0,0002	0	0,0158	0,0002	0,0002
43,6	348,8	0,016	0	0	0,0104	0,0007	0	0,0039	0,0061	0,0061
33,1	11,3	0,002	0	0,0076	0,0159	0,0624	0,0021	0,0088	0,0195	0,0016
33,1	33,8	0	0,0068	0	0,0601	0,0378	0,0015	0,0039	0,0023	0
33,1	56,3	0	0,057	0,0431	0,0001	0,0002	0	0,005	0,0008	0,057
33,1	78,8	2E-04	0,003	0,0748	0	0,0317	0	0,0002	0	0,003
33,1	101,3	0	0,1301	0,1435	0,0002	0,0016	0,0046	0,0059	0,0018	0,1435
33,1	123,8	0,191	0,0129	0,0006	0,0003	0,022	0,0407	0,0039	0,073	0,0006
33,1	146,3	0,035	0,0132	0,0191	0,027	0,0573	0,1314	0,0423	0	0,027
33,1	168,8	0,112	0,1207	0,0304	0,0006	0,0016	0	0,0469	0,0393	0,0006
33,1	191,3	0,441	0,4034	0,1192	0,0142	0,0024	0,0043	0	0,1628	0,0024
33,1	213,8	0,004	0,0813	0,01	0,0262	0,0012	0,0127	0	0,0011	0,0012
33,1	236,3	0,007	0,3126	0,0586	0,0062	0,0018	0,0067	0,0004	0,0037	0,0067
33,1	258,8	0,002	0,0364	0,0462	0	0,0007	0	0,0019	0,0024	0
33,1	281,3	0,001	0,0007	0,073	0,0334	0,013	0,0009	0,0373	0,0185	0,0373
33,1	303,8	0,006	0,0016	0,005	0,0594	0,0134	0,0006	0,0054	0,0011	0,0054

33,1	326,3	0,007	0	0,0093	0,0008	5E-05	0	0,0011	0,0047	0,0047
33,1	348,8	0,003	0	0,0262	0,0423	0,0164	0,0008	0,002	0,0295	0,0295
13,1	11,3	0,016	5E-05	0,09	0,0248	0,0738	0,0027	0,0042	0,0154	0,0164
13,1	33,8	0,037	0	0,0083	0,0016	0,0524	0,0197	0,0231	0,012	0,0368
13,1	56,3	0,015	0,0139	0,0057	0,0071	0,0947	0,2282	0,0045	0,0237	0,0139
13,1	78,8	0,002	0,0158	0,0427	0,0235	0,2764	0,0034	0,0114	0,0146	0,0158
13,1	101,3	0,002	0,2928	0,0722	0,0086	0,1493	0,0307	0,0137	0,0273	0,0722
13,1	123,8	0,017	0,1419	0,0268	0,0438	0,1102	0,2256	0,097	0	0,0268
13,1	146,3	0,049	0,0468	0,0482	0,0229	0,0636	0,2245	0,0827	0,0008	0,0229
13,1	168,8	0,031	0,1648	0,2656	0,0359	0,0064	0,0941	0,0798	0,0374	0,0359
13,1	191,3	0,038	0,1696	0,3418	0,0733	0,0009	0,1308	0,0097	0,1027	0,0009
13,1	213,8	0	0,1574	0,1161	0,0107	0,0012	0,0036	0,0177	0,0065	0,0012
13,1	236,3	0	0,0071	0	0,0153	0,0028	0,0241	0,0099	0,0268	0,0241
13,1	258,8	0,003	0	0,1152	0,0055	0,0199	0,0385	0,0003	0,0378	0,0385
13,1	281,3	0,017	0	0,1438	0,0039	0,0335	0,0184	0,0035	0,0029	0,0035
13,1	303,8	0,002	0,0015	0,0003	0,0105	0,0129	0	0,002	0,0018	0,002
13,1	326,3	0,013	0	0,0798	0,0269	0,0044	0,0004	0,003	5E-05	5E-05
13,1	348,8	0,004	0	0,0693	0,0076	0,0871	0	0,0177	0,0072	0,0072

Dados selecionados

Fração de lacuna – PAU-BRASIL										
Ângulo Zenital	Ângulo Azimutal	Orientação da fotografia hemisférica								Dados selecionados
		N	NE	L	SE	S	SO	O	NO	
86,8	11,3	0,155	0,613	0,1738	0,0072	0,0402	0,021	0,086	0,056	0,155
86,8	33,8	0,145	0,461	0,0304	0,039	0,0337	0,097	0,177	0,213	0,145
86,8	56,3	0,019	0,208	0,0551	0,0033	0,0095	0,079	0,052	0,031	0,208
86,8	78,8	0,008	0,145	0,2599	0,0004	0,0763	0,009	0,005	0,017	0,145
86,8	101,3	0,108	0,144	0,0416	0	0,0066	0,063	0,032	0,015	0,042
86,8	123,8	0,003	0,009	0,0293	0,0358	0,0044	0,005	0,005	0,022	0,029
86,8	146,3	0	0,111	0,6577	0,316	0,4664	0,138	0,004	0,066	0,316
86,8	168,8	0	0,293	0,3646	0,2049	0,4947	0,491	0,03	0,021	0,205
86,8	191,3	0,003	0,122	0,0939	0,0237	0,0072	0,031	0,098	0,083	0,007
86,8	213,8	0,003	0,019	0,0109	0,0203	0,064	0,029	0,048	0,006	0,064
86,8	236,3	0,025	0	0,0292	0,0137	0,1103	0,14	0,025	0,017	0,14
86,8	258,8	0,024	0,022	0,1213	0,125	0,065	0	0,098	0,032	0
86,8	281,3	0,229	0,214	0,0821	0,0095	0,042	0	0,423	0,104	0,423
86,8	303,8	0,086	0,125	0,0315	0,0279	0,0433	0	0,174	0,058	0,174
86,8	326,3	0,079	0,212	0	0,036	0,0989	0	0,232	0,052	0,052
86,8	348,8	0,189	0,318	0,0912	0,0742	0	0	0,077	0,099	0,099
80,4	11,3	0,026	0,274	0,0545	0,0043	0,0232	0,034	0,116	0,086	0,026
80,4	33,8	0,076	0,11	0,0461	0,0287	0,0059	0,169	0,076	0,084	0,076
80,4	56,3	0,01	0,062	0,0316	0,0213	0,0067	0,002	0,041	0,036	0,062
80,4	78,8	0,012	0,025	0,3962	0,0793	0,0622	0,02	0,009	0,009	0,025
80,4	101,3	0,073	0,34	0,0494	0,0118	0,04	0,152	0,085	0,014	0,049
80,4	123,8	0	0,039	0,0608	0,0291	0,054	0,021	0,056	0,051	0,061
80,4	146,3	0	0,072	0,2448	0,1414	0,2854	0,058	0,053	0,05	0,141
80,4	168,8	0	0,072	0,127	0,0331	0,1737	0,243	0,056	0,035	0,033
80,4	191,3	7E-04	0,001	0,0451	0,1469	0,0116	0,074	0,462	0,323	0,012
80,4	213,8	0,044	0	0,0381	0,0224	0,0125	0,022	0,045	0,019	0,012
80,4	236,3	0,046	0	0,0243	0,0041	0,0132	0,024	0,009	0,109	0,024
80,4	258,8	0,08	0,114	0,0452	0,0941	0,0713	0	0,072	0,005	0
80,4	281,3	0,108	0,156	0,126	0,0721	0,046	0	0,151	0,162	0,151
80,4	303,8	0,071	0,125	0,0777	0,0956	0,0431	0	0,251	0,025	0,251
80,4	326,3	0,015	0,087	0	0,0674	0,0818	0	0,044	0,01	0,01
80,4	348,8	0,038	0,102	0,0823	0,1459	0,0327	0,004	0,012	0,102	0,102
73,8	11,3	0,071	0,193	0,0105	0,0005	0,002	0,032	0,116	0,233	0,071
73,8	33,8	0,017	0,067	0,0597	0,0411	0,0092	0,064	0,097	0,01	0,017
73,8	56,3	0,011	0,044	0,0152	0,0057	0,0781	0,045	0,018	0,081	0,044
73,8	78,8	0,024	0,03	0,1298	0,0417	0,0337	0,065	0,024	0,007	0,03
73,8	101,3	0,013	0,304	0,0401	0,0324	0,0566	0,064	0,104	0,01	0,04
73,8	123,8	0,002	0,18	0,0524	0,0183	0,0066	0,019	0,037	0,032	0,052
73,8	146,3	0	0,101	0,0526	0,0461	0,0427	0,092	0,015	0,026	0,046
73,8	168,8	9E-04	0,022	0,0555	0,0308	0,0193	0,188	0,047	0,075	0,031
73,8	191,3	0,01	0	0,1452	0,0548	0,35	0,369	0,493	0,087	0,35
73,8	213,8	0,082	0	0,0648	0,0343	0,0671	0,066	0,031	0,044	0,067
73,8	236,3	0,131	0	0,0064	0,0074	0,0063	0,002	0,116	0,104	0,002
73,8	258,8	0,116	0,138	0,248	0,2594	0,0931	0	0,001	0,031	0
73,8	281,3	0,055	0,219	0,2372	0,1219	0,0699	0	0,138	0,102	0,138
73,8	303,8	0,083	0,129	0,109	0,2243	0,0613	0,018	0,217	0,084	0,217
73,8	326,3	0,038	0,079	0	0,1375	0,0569	0,069	0,048	0,045	0,045
73,8	348,8	0,105	0,255	0,0272	0,031	0,0468	0,072	0,022	0,089	0,089
67,1	11,3	0,083	0,192	0,0026	0,004	0	0,075	0,064	0,109	0,083
67,1	33,8	0,004	0,027	0,0015	0,0687	0,0229	0,007	0,018	0,014	0,004
67,1	56,3	0,037	0,065	0,0791	0,016	0,043	0,011	0,026	0,043	0,065
67,1	78,8	0,003	0,047	0,0054	0,0541	0,0554	0,069	0,024	0,011	0,047
67,1	101,3	0,016	0,035	0	0,0583	0,0308	0,008	0,03	0,059	0
67,1	123,8	0	0,217	0,0077	0,1955	0,1399	0,003	0,048	0,02	0,008
67,1	146,3	0	0,058	0,0371	0,0603	0,0828	0,007	0,024	0,019	0,06
67,1	168,8	0,002	0,149	0,1441	0,0376	0,022	0,169	0,143	0,165	0,038
67,1	191,3	0,023	0,004	0,1866	0,043	0,3181	0,539	0,231	0,177	0,318
67,1	213,8	0,051	9E-04	0,003	0,0113	0,2121	0,2	0,093	0,185	0,212
67,1	236,3	0,114	0,011	0,0521	0,0062	0,0688	0,005	0,168	0,316	0,005
67,1	258,8	0,267	0,111	0,2367	0,3512	0,1215	0,018	0,055	0,185	0,018
67,1	281,3	0,158	0,151	0,3361	0,1523	0,2477	0,034	0,167	0,082	0,167

67,1	303,8	0,09	0,177	0,0864	0,0643	0,0966	0,047	0,127	0,107	0,127
67,1	326,3	0,051	0,109	0,0013	0,0175	0,1034	0,023	0,176	0,014	0,014
67,1	348,8	0,081	0,162	0	0,0071	0,0044	0,065	0,025	0,105	0,105
59,9	11,3	0,005	0,028	0,0003	0,0006	0,0231	0,15	0,064	0,027	0,005
59,9	33,8	0,003	0,043	0,0236	0,0127	0,0008	0,105	0,005	0,009	0,003
59,9	56,3	0,021	0,101	0,1109	0,016	0,0187	0,211	5E-04	0,005	0,101
59,9	78,8	0,006	0,061	0,0009	0,0453	0,0436	0,144	0,052	4E-04	0,061
59,9	101,3	0,009	0,011	0	0,0248	0,0043	0,048	0,062	0,017	0
59,9	123,8	0	0,03	0,0003	0,0251	0,0645	0,058	0,032	0,008	3E-04
59,9	146,3	0	0,025	0,1241	0,0083	0,0691	0,017	0,041	0,033	0,008
59,9	168,8	0,01	0,052	0,0248	0,001	0,0875	0,091	0,145	0,054	1E-03
59,9	191,3	0,055	0,053	0,0042	0,079	0,3521	0,694	0,314	0,102	0,352
59,9	213,8	0,114	0,179	0,1263	0,0279	0,2239	0,35	0,208	0,285	0,224
59,9	236,3	0,296	0,014	0,022	0,0978	0,197	4E-04	0,26	0,261	4E-04
59,9	258,8	0,242	0,137	0,1331	0,3852	0,0525	0,088	0,038	0,163	0,088
59,9	281,3	0,126	0,133	0,2595	0,2524	0,039	0,186	0,011	0,067	0,011
59,9	303,8	0,137	0,098	0,1292	0,1431	0,1228	0,332	0,112	0,162	0,112
59,9	326,3	0,07	0,091	0,0076	0,0954	0,0922	0,11	0,182	0,077	0,077
59,9	348,8	0,044	0,036	0	0,0055	0,062	0,121	0,138	0,05	0,05
52,2	11,3	0,003	0,046	0	0,0031	0,0595	0,044	0,016	8E-04	0,003
52,2	33,8	0,002	0,033	0	0,0092	0,0046	0,091	0,005	0,015	0,002
52,2	56,3	0,004	0,146	0	0,0189	0,0057	0,129	0,061	0,001	0,146
52,2	78,8	0,002	0,08	0	0,0193	0,021	0,118	0,269	0,04	0,08
52,2	101,3	0	0,035	0,0004	0,0495	0,0091	0,084	0,127	0,021	4E-04
52,2	123,8	0	0,04	0,0113	0,013	0,0028	0,049	0,04	0,042	0,011
52,2	146,3	0,006	0,005	0,0012	0,0019	0,0085	0,012	0,091	0,095	0,002
52,2	168,8	0,003	0,008	0,0291	0,0558	0,0238	0,127	0,204	0,262	0,056
52,2	191,3	0,031	0,02	0,0227	0,0606	0,0775	0,831	0,218	0,064	0,078
52,2	213,8	0,016	0,041	0,1481	0,0039	0,1939	0,116	0,543	0,41	0,194
52,2	236,3	0,188	0,011	0,0113	0,0305	0,3665	0,025	0,597	0,089	0,025
52,2	258,8	0,203	0,036	0,0193	0,3079	0,2157	0,105	0,115	0,319	0,105
52,2	281,3	0,138	0,107	0,1639	0,2133	0,3673	0,332	0,007	0,067	0,007
52,2	303,8	0,131	0,12	0,0379	0,0837	0,3136	0,625	0,1	0,052	0,1
52,2	326,3	0,048	0,015	0,044	0,2011	0,1572	0,225	0,036	0,077	0,077
52,2	348,8	0,012	0,031	0	0,036	0,0547	0,261	0,044	0,036	0,036
43,6	11,3	0,004	0,04	0	0,1752	0,2405	0,109	0,019	0,001	0,004
43,6	33,8	0,007	0,013	0	0,0763	0,0046	0,128	0,018	0,018	0,007
43,6	56,3	0	0,012	0	0,0582	0,002	0,179	0,052	0,063	0,012
43,6	78,8	0	0,018	0	0,0092	0,0194	0,035	0,103	0,055	0,018
43,6	101,3	0	0,057	0,0145	0,0659	0,0139	0,034	0,105	0,215	0,015
43,6	123,8	2E-04	0,064	0,0479	0,0056	0	0,035	0,035	0,091	0,048
43,6	146,3	0,005	0,02	0,0226	0,0518	0,0196	0,006	0,159	0,004	0,052
43,6	168,8	0,111	0,134	0,0431	0,0591	0,0564	0,227	0,107	0,037	0,059
43,6	191,3	0,071	0,115	0,0327	0,1405	0,0624	0,698	0,187	0,42	0,062
43,6	213,8	0,124	0,108	0,0363	0,003	0,3039	0,431	0,548	0,563	0,304
43,6	236,3	0,433	0,142	0,067	0,0652	0,206	0,242	0,15	0,06	0,242
43,6	258,8	0,178	0	0,0649	0,322	0,1063	0,293	0,39	0,309	0,293
43,6	281,3	0,011	0,094	0,1063	0,2126	0,1834	0,747	0,076	0,07	0,076
43,6	303,8	0,144	0,053	0,0754	0,0926	0,36	0,319	0,087	0,266	0,087
43,6	326,3	0,036	0,031	0,029	0,1364	0,0736	0,348	0,303	0,031	0,031
43,6	348,8	2E-04	0,051	0	0,0539	0,0883	0,254	0,089	0,015	0,015
33,1	11,3	2E-04	0,021	0	0,0343	0,3073	0,03	0,14	0,006	2E-04
33,1	33,8	0,001	0,029	0	0,0308	0,0354	0,221	0,292	0,003	0,001
33,1	56,3	0,02	0,096	0	0,0125	0	0,223	0,052	0,005	0,096
33,1	78,8	5E-05	0,115	0	0,1116	0,0132	0,073	0,059	0,043	0,115
33,1	101,3	5E-04	0,135	0,0715	0,1039	0,0006	0,008	0,096	0,036	0,072
33,1	123,8	0,009	0,051	0,0682	0,0514	0,0327	0,05	0,052	0,07	0,068
33,1	146,3	0,007	0,038	0,0134	0,0121	0,35	0,121	0,067	0,063	0,012
33,1	168,8	0,013	0,181	0,1081	0,1075	0,1098	0,36	0,118	0,017	0,107
33,1	191,3	0,021	0,182	0,1144	0,0275	0,0039	0,621	0,42	0,087	0,004
33,1	213,8	0,203	0,026	0,0596	0,0012	0,0904	0,37	0,292	0,102	0,09
33,1	236,3	0,169	0,007	0,0252	0,1562	0,145	0,081	0,189	0,009	0,081
33,1	258,8	0,234	0	0,3723	0,0966	0,3474	0,349	0,09	0,033	0,349
33,1	281,3	0,096	0,048	0,1483	0,1151	0,423	0,273	0,419	0,01	0,419
33,1	303,8	0,065	0,27	0,0541	0,0789	0,1725	0,075	0,179	0,038	0,179
33,1	326,3	0,113	0	0,0165	0,1173	0,0864	0,267	0,154	0,074	0,074
33,1	348,8	0,01	0,001	5E-05	0,1421	0,1803	0,29	0,094	0,005	0,005

13,1	11,3	0,068	0,091	0,0009	0,1064	0,1364	0,302	0,064	0,259	0,068
13,1	33,8	0,011	0,001	0,0057	0,0151	0,0127	0,218	0,087	0,223	0,011
13,1	56,3	0,035	0,03	0,0259	0,0376	0,0269	0,178	0,071	0,037	0,03
13,1	78,8	0,008	0,057	0,0411	0,047	0,0412	0,089	0,19	0,043	0,057
13,1	101,3	0,018	0,064	0,0923	0,0525	0,0247	0,059	0,042	0,105	0,092
13,1	123,8	0,03	0,09	0,0575	0,0384	0,1043	0,076	0,077	0,196	0,057
13,1	146,3	0,019	0,066	0,0705	0,0488	0,2237	0,101	0,045	0,161	0,049
13,1	168,8	0,016	0,069	0,1494	0,0211	0,077	0,094	0,179	0,219	0,021
13,1	191,3	0,016	0,096	0,0569	0,0008	0,0194	0,032	0,146	0,183	0,019
13,1	213,8	0,055	0,053	0,0488	0,0011	0,0143	0,018	0,215	0,149	0,014
13,1	236,3	0,094	0,029	0,0329	0,0486	0,1023	0,085	0,129	0,038	0,085
13,1	258,8	0,102	0	0,0518	0,1131	0,056	0,063	0,048	0,059	0,063
13,1	281,3	0,191	2E-04	0,0467	0,0679	0,1528	0,052	0,034	0,039	0,034
13,1	303,8	0,141	0	0,0453	0,0498	0,0991	0,162	0,081	0,029	0,081
13,1	326,3	0,239	0	0,0402	0,1152	0,0355	0,41	0,04	0,1	0,1
13,1	348,8	0,339	0,015	0,0021	0,1314	0,0777	0,384	0,035	0,25	0,25

Dados selecionados

Fração de lacuna - PITOMBEIRA										
Ângulo Zenital	Ângulo Azimutal	Orientação da fotografia hemisférica								Dados selecionados
		N	NE	L	SE	S	SO	O	NO	
86,8	11,3	0,081	0,0512	0,052	0,007	0,028	0,033	0,017	0,03	0,081
86,8	33,8	0,049	0,0441	0,094	0,028	0	0,004	0,011	0,02	0,049
86,8	56,3	0,227	0,1651	0,103	0,034	0,007	0	0,028	0,16	0,165
86,8	78,8	0,077	0,1553	0,096	0,009	0,006	0,004	0,008	0,04	0,155
86,8	101,3	0,007	0,0161	0,007	0,008	0,017	7E-04	0	0,01	0,007
86,8	123,8	0,041	0,0557	0,054	0,022	0,016	0,035	0,026	0	0,054
86,8	146,3	0,051	0,0411	0,074	0,025	0,037	0,043	0,026	0	0,025
86,8	168,8	0,067	0,088	0,031	0,075	0,105	0,056	0,111	0,18	0,075
86,8	191,3	0,027	0,0894	0,076	0,217	0,38	0,262	0,396	0,37	0,38
86,8	213,8	0,088	0,3032	0,281	0,498	0,681	0,607	0,675	0,67	0,681
86,8	236,3	0,756	0,5117	0,57	0,598	0,667	0,763	0,729	0,81	0,763
86,8	258,8	0,35	0,1859	0,587	0,711	0,565	0,542	0,415	0,43	0,542
86,8	281,3	0,085	0,0052	0,128	0,304	0,144	0,122	0,153	0,09	0,153
86,8	303,8	0,026	0,0085	0,003	0,01	0,008	0,02	0,068	0,03	0,068
86,8	326,3	0,045	0,0603	0,063	0,021	0,017	0,04	0,045	0,03	0,032
86,8	348,8	0,127	0,0243	0,042	0,027	0,06	0,071	0,04	0,05	0,047
80,4	11,3	0,068	0,0237	0,012	0	0,009	0,022	0,026	0,02	0,068
80,4	33,8	0,007	0,085	0,051	0,015	0	0,01	0,006	0,02	0,007
80,4	56,3	0,164	0,0088	0,014	0,013	0,028	0	0,006	0,03	0,009
80,4	78,8	0,039	0,0321	0,011	0,015	0,018	0,021	0,014	0,03	0,032
80,4	101,3	0,02	0,0172	0,007	0,006	0,015	0,021	0,001	0,01	0,007
80,4	123,8	0,016	0,0204	0,016	0,03	0,005	0,02	0,032	0	0,016
80,4	146,3	0,1	0,0617	0,048	0,015	0,132	0,041	0,053	0	0,015
80,4	168,8	0,235	0,2204	0,096	0,107	0,16	0,068	0,111	0,11	0,107
80,4	191,3	0,024	0,0425	0,02	0,161	0,249	0,266	0,418	0,57	0,249
80,4	213,8	0,103	0,2885	0,441	0,268	0,57	0,58	0,533	0,59	0,57
80,4	236,3	0,756	0,6924	0,609	0,628	0,626	0,573	0,699	0,53	0,573
80,4	258,8	0,025	0,2342	0,509	0,486	0,542	0,505	0,376	0,17	0,505
80,4	281,3	0,018	0,0014	0,01	0,063	0,147	0,145	0,14	0,04	0,14
80,4	303,8	0,037	0,0208	0,023	0,15	0,03	0,061	0,031	0,02	0,031
80,4	326,3	0,047	0,0658	0,006	0,015	0,006	0,024	0,062	0,07	0,066
80,4	348,8	0,093	0,0622	0,025	0,013	0,105	0,092	0,118	0,1	0,103
73,8	11,3	0,015	0,0137	0,012	0,005	0,019	0,016	0,013	0,01	0,015
73,8	33,8	0,013	0,0408	0,025	0,004	0	0,004	0,009	0,02	0,013
73,8	56,3	0,014	0,0019	0,004	0,069	0,048	0	0,01	0	0,002
73,8	78,8	0,042	0,0776	0,013	0,014	0,084	0,086	0,057	0,09	0,078
73,8	101,3	0,019	0,0339	0,005	0,003	0,008	0,006	0,001	0,01	0,005
73,8	123,8	0,004	0,0063	0,006	0,007	0,067	0,02	0,015	0	0,006
73,8	146,3	0,058	0,0842	0,095	0,069	0,09	0,049	0,032	0	0,069
73,8	168,8	0,077	0,2593	0,141	0,147	0,17	0,044	0,07	0,06	0,147
73,8	191,3	0,005	0,054	0,042	0,134	0,38	0,297	0,38	0,37	0,38
73,8	213,8	0,124	0,1506	0,102	0,495	0,527	0,484	0,65	0,68	0,527
73,8	236,3	0,397	0,6896	0,702	0,58	0,616	0,689	0,375	0,26	0,689
73,8	258,8	0,074	0,1479	0,366	0,296	0,151	0,115	0,069	0,05	0,115
73,8	281,3	0,047	0,0013	0,007	0,031	0,005	0,019	0,069	0,07	0,069
73,8	303,8	0,011	0,0583	0,006	0,233	0,19	0,099	0,007	0	0,007
73,8	326,3	0,134	0,0344	0	0,006	0,004	0,007	0,083	0,13	0,133
73,8	348,8	0,028	0,0182	0,013	0	0,018	0,037	0,027	0,03	0,026
67,1	11,3	0,03	0,0048	0,011	0,003	0,01	0,006	0,017	0,01	0,03
67,1	33,8	0,053	0,0193	0,025	0,007	0	0,028	0,003	0	0,053
67,1	56,3	0,003	0,0082	0,006	0,092	0,03	0	0,023	0,02	0,008
67,1	78,8	0,07	0,1172	0,034	0,068	0,025	0,041	0,026	0,09	0,117
67,1	101,3	0,019	0,0182	0,015	0,01	0,008	9E-04	0,022	0	0,015
67,1	123,8	0,067	0,0379	0,032	0,021	0,031	0,019	0,018	0	0,032
67,1	146,3	0,054	0,1134	0,169	0,088	0,024	0,066	0,037	0,01	0,088
67,1	168,8	0,186	0,1287	0,162	0,09	0,098	0,062	0,131	0,06	0,09
67,1	191,3	0,005	0,0475	0,048	0,066	0,199	0,122	0,508	0,32	0,199
67,1	213,8	0,148	0,1484	0,1	0,227	0,689	0,562	0,664	0,49	0,689
67,1	236,3	0,228	0,2311	0,413	0,717	0,593	0,606	0,165	0,17	0,606
67,1	258,8	0,031	0,1897	0,332	0,233	0,071	0,078	0,022	0,06	0,078

67,1	281,3	0,029	0,0002	0,007	0,01	0,007	0,009	0,164	0,01	0,164
67,1	303,8	0,007	0,0248	0,027	0,02	0,1	0,162	0,007	0	0,007
67,1	326,3	0,016	0,0132	0	0,035	0,014	0,001	0,005	0,04	0,043
67,1	348,8	0,017	0,0081	0,031	2E-04	0,009	0,007	0,019	0,01	0,013
59,9	11,3	0,031	0,0156	0,01	0,02	0,002	0,018	0,068	0,01	0,031
59,9	33,8	0,013	0,0118	0,007	0,008	0	0,027	0,01	0	0,013
59,9	56,3	1E-04	0,0004	0,019	0,015	0,001	0	0,011	0,02	4E-04
59,9	78,8	0,039	0,1174	0,082	0,014	0,008	0,015	7E-04	0,03	0,117
59,9	101,3	0,018	0,0052	0,014	0,008	0,009	0,02	0,02	0	0,014
59,9	123,8	0,039	0,0479	0,063	0,03	0,057	0,027	0,019	0	0,063
59,9	146,3	0,029	0,1518	0,116	0,028	0,11	0,011	0,029	0,02	0,028
59,9	168,8	0,07	0,1339	0,062	0,025	0,037	0,097	0,018	0,01	0,025
59,9	191,3	0,001	0,0809	0,046	0,034	0,281	0,343	0,474	0,31	0,281
59,9	213,8	0,019	0,1071	0,075	0,301	0,735	0,613	0,358	0,5	0,735
59,9	236,3	0,186	0,0632	0,089	0,625	0,613	0,47	0,265	0,06	0,47
59,9	258,8	0,107	0,0138	0,087	0,313	0,048	0,046	0,012	0,02	0,046
59,9	281,3	7E-04	0,0002	0,043	0,031	0,009	0,024	0,017	0	0,017
59,9	303,8	0,008	0,0063	0,002	0,01	0,006	0,01	0,001	0	0,001
59,9	326,3	0,013	0,0027	0	0,007	0,007	0,017	0,006	0	0,002
59,9	348,8	0,015	0,0144	0,017	0,007	0,021	0,017	0,01	0,02	0,015
52,2	11,3	0,002	0,0006	0,001	0,001	0,003	0,01	0	0,02	0,002
52,2	33,8	0,011	0,0077	0,005	0,001	7E-04	0,004	0,013	0	0,011
52,2	56,3	0,005	0,0049	0,005	0,002	0	0,007	0,015	0,01	0,005
52,2	78,8	0,009	0,0386	0,023	0,003	0,004	0,013	0,001	0	0,039
52,2	101,3	0,017	0,0211	0,007	0,014	0,021	0,004	0,012	0,01	0,007
52,2	123,8	0,063	0,0404	0,024	0,097	0,021	0,015	0,011	0	0,024
52,2	146,3	0,036	0,0831	0,071	0,201	0,025	0,013	0,034	0,04	0,201
52,2	168,8	0,057	0,0499	0,104	0,045	0,071	0,029	0,004	0,04	0,045
52,2	191,3	0,019	0,1389	0,081	0,166	0,242	0,119	0,322	0,03	0,242
52,2	213,8	0,016	0,0213	0,016	0,153	0,499	0,501	0,503	0,06	0,499
52,2	236,3	0,133	0,0066	0,032	0,297	0,494	0,444	0,091	0,19	0,444
52,2	258,8	0,216	0,0118	0,12	0,275	0,088	0,087	0,019	0,05	0,087
52,2	281,3	0,003	0	0,101	0,026	0,008	0,024	5E-05	0	5E-05
52,2	303,8	0,005	0,017	0,015	0,012	0,002	0,002	0,001	0,02	0,001
52,2	326,3	0,01	0,0108	4E-04	0,003	0,003	1E-03	0,012	0,02	0,023
52,2	348,8	0,007	0,0041	0,021	0,008	0,012	0,007	0,021	0	2E-04
43,6	11,3	0	0,0086	0,011	0,002	0,014	0,041	0,002	0	0
43,6	33,8	2E-04	0,0139	0,017	0,004	0,002	0,006	0,005	0,02	2E-04
43,6	56,3	0,005	0,0039	0,002	3E-04	0,003	0	0,002	0,02	0,004
43,6	78,8	0,008	0,0354	0,005	0,01	0,038	0,073	0,027	0,02	0,035
43,6	101,3	0,007	0,0146	0,002	0,013	0,003	0,004	0,004	0,01	0,002
43,6	123,8	0,014	0,0453	0,055	0,048	0,012	0,037	0,022	0	0,055
43,6	146,3	0,045	0,0079	0,047	0,046	0,002	0,011	0,01	0,03	0,046
43,6	168,8	0,04	0,0202	0,021	0,028	0,019	0,018	0,001	0,05	0,028
43,6	191,3	0,012	0,0956	0,069	0,059	0,026	0,013	0,084	0,04	0,026
43,6	213,8	0,008	0,0161	0,016	0,011	0,194	0,185	0,046	0,04	0,194
43,6	236,3	0,03	0,0038	0,06	0,035	0,393	0,484	0,104	0,24	0,484
43,6	258,8	0,082	0,0101	0,088	0,021	0,26	0,289	0,06	0,07	0,289
43,6	281,3	0,01	0	0,094	0,025	0,008	0,012	0,01	0,01	0,01
43,6	303,8	0,015	0,0027	0,011	0,003	5E-04	0,002	7E-04	0,03	7E-04
43,6	326,3	0,016	0,0128	1E-04	0,001	0,007	0,011	0,012	0,02	0,016
43,6	348,8	0,008	0,0022	0,03	3E-04	0,01	0,009	0,028	0,01	0,005
33,1	11,3	0,011	0,0689	0,034	9E-04	0,005	0,004	0,013	0,02	0,011
33,1	33,8	0,006	0,002	0,005	0,013	0	0,008	0,02	0,01	0,006
33,1	56,3	0,006	0,0009	0,007	0,01	7E-04	0	0,014	0	9E-04
33,1	78,8	0,01	0,0205	0,021	0,034	0,013	0,003	0,009	0,1	0,02
33,1	101,3	0,009	0,0491	0,003	0,015	0,017	0,028	0,016	0,02	0,003
33,1	123,8	0,053	0,0892	0,002	0,016	0,005	0,003	0,007	0	0,002
33,1	146,3	0,01	0,0304	0,005	0,005	0,057	0,047	0,096	0,09	0,005
33,1	168,8	0,134	0,1092	0,068	0,066	0,007	4E-04	0,029	0,12	0,066
33,1	191,3	5E-04	0,118	0,116	0,02	0,017	3E-04	0,014	0,01	0,017
33,1	213,8	0,01	0,0738	0,025	0,02	0,008	0,02	0,012	0,05	0,008
33,1	236,3	0,01	0,0556	0,039	0,025	0,012	0,027	0,024	0,03	0,027
33,1	258,8	0,036	0,0012	0,033	0,002	0,015	0,135	0,033	0,08	0,135
33,1	281,3	0,07	0	0,126	0,01	0,005	0,007	0,007	0,01	0,007
33,1	303,8	0,01	0,0058	0,045	0,039	0,01	0,007	0,005	0,01	0,005
33,1	326,3	0,014	0,0212	5E-04	0,008	0,005	0,007	0,015	0	0,002

33,1	348,8	0,018	0,0064	0,002	6E-04	0,006	0,022	0,006	0,01	0,009
13,1	11,3	0,03	0,0449	0,091	0,042	0,001	0,002	0,002	0	0,03
13,1	33,8	0,023	0,0954	0,045	0,03	0,002	0,011	0,027	0,02	0,023
13,1	56,3	0,006	0,0201	0,019	0,024	0,033	0,001	0,019	0,01	0,02
13,1	78,8	0,015	0,0392	0,028	0,022	0,017	0,016	0,045	0,01	0,039
13,1	101,3	0,053	0,1819	0,015	0,01	0,001	0,017	0,024	0,05	0,015
13,1	123,8	0,056	0,1061	0,014	0,008	0,006	0,005	0,008	0,02	0,014
13,1	146,3	0,045	0,0851	0,012	0,04	0,059	0,014	0,009	0,03	0,04
13,1	168,8	0,01	0,0834	0,033	0,066	0,022	0,039	0,085	0,03	0,066
13,1	191,3	0,019	0,057	0,012	0,047	0,021	0,051	0,047	0,1	0,021
13,1	213,8	0,046	0,1089	0,084	0,094	0,013	0,01	0,011	0,09	0,013
13,1	236,3	0,035	0,0389	0,165	0,081	0,022	0,007	0,015	0,07	0,007
13,1	258,8	0,015	0,0117	0,038	0,024	0,017	0,01	0,039	0,06	0,01
13,1	281,3	0,018	0	0,029	0,019	0,013	0,018	0,043	0,05	0,043
13,1	303,8	0,008	0,0082	0,054	0,009	0,017	0,02	0,02	0	0,02
13,1	326,3	0,022	0,0075	0	0,022	0,022	0,02	0,01	0	0,003
13,1	348,8	0,014	0,018	0,059	0,044	0,006	0,009	0,006	0,01	0,006

Dados selecionados

Fração de lacuna - CAROLINA										
Ângulo zenital	Ângulo azimutal	Orientações								Dados selecionados
		N	NE	L	SE	S	SO	O	NO	
86,8	11,3	0,1616	0,103	0,0604	0,002	0	0,0002	0,039	0,04	0,16156
86,8	33,8	0,0599	0,079	0,016	0,047	0,03	0,0023	0,064	0,02	0,0599
86,8	56,3	0,3731	0,286	0,1413	0,055	0,12	0,0007	0,014	0,02	0,28615
86,8	78,8	0,2148	0,194	0,163	0,249	0,221	0,0415	0,002	0,01	0,19421
86,8	101,3	0,2276	0,273	0,3716	0,552	0,399	0,0421	0,024	0	0,3716
86,8	123,8	0,1586	0,35	0,6277	0,922	0,842	0,6578	0,505	0	0,62769
86,8	146,3	0,4474	0,804	0,7982	0,686	0,518	0,5859	0,307	0,12	0,68625
86,8	168,8	0,1827	0,343	0,4424	0,662	0,533	0,2886	0,296	0,11	0,6618
86,8	191,3	0	0,297	0,372	0,069	0,104	0,103	0,045	0,03	0,10369
86,8	213,8	0	0,121	0,0562	0,252	0,258	0,298	0,332	0,19	0,25805
86,8	236,3	0	0,059	0,1361	0,137	0,08	0,0207	0,073	0,1	0,02073
86,8	258,8	0,0098	0,049	0,0922	0,161	0,126	0,0884	0,201	0,09	0,08837
86,8	281,3	0,6208	7E-04	0,4872	0,859	0,781	0,5337	0,92	0,91	0,92023
86,8	303,8	0,6564	0,036	0,0005	0,638	0,569	0,7262	0,731	0,7	0,73075
86,8	326,3	0,2329	0,207	0,0132	0,184	0,242	0,1604	0,198	0,17	0,17455
86,8	348,8	0,3837	0,194	0,1663	0,027	0,063	0,1327	0,071	0,18	0,18364
80,4	11,3	0,0503	0,005	0,0033	0,002	0	0,0012	0,046	0	0,05033
80,4	33,8	0,0247	0,016	0,0023	0,001	0	0,0005	0,065	0	0,02467
80,4	56,3	0,1537	0,033	0,0244	0,017	0,032	0,0043	0,009	0,02	0,0328
80,4	78,8	0,0759	0,063	0,013	0,022	0,014	0,0058	0,003	0,01	0,06265
80,4	101,3	0,0304	0,017	0,0116	0,103	0,047	0,0078	0	0	0,01158
80,4	123,8	0,0139	0,012	0,0682	0,535	0,331	0,1057	0,037	0	0,06823
80,4	146,3	0,0214	0,196	0,4037	0,459	0,284	0,1636	0,126	0,05	0,45944
80,4	168,8	0,1353	0,208	0,3086	0,378	0,388	0,0728	0,225	0,12	0,37773
80,4	191,3	0,0005	0,182	0,2263	0,287	0,211	0,2074	0,103	0,08	0,21117
80,4	213,8	0	0,081	0,0894	0,285	0,141	0,2341	0,067	0,02	0,14115
80,4	236,3	0	0	0,0512	0,074	0,019	0,0154	0,026	0,01	0,01543
80,4	258,8	0,0018	0,077	0,0105	0,081	0,118	0,0111	0,195	0,06	0,01109
80,4	281,3	0,5121	0,01	0,4486	0,868	0,67	0,547	0,806	0,68	0,80605
80,4	303,8	0,4343	0	0,0057	0,772	0,597	0,8603	0,485	0,46	0,48477
80,4	326,3	0,1032	0,023	0	0,139	0,075	0,2002	0,062	0,03	0,03258
80,4	348,8	0,0861	0,037	0,0055	8E-04	0,017	0,0213	0,031	0,03	0,02645
73,8	11,3	0,0108	0,005	0,0359	0,005	0	0,0027	0,039	0	0,01077
73,8	33,8	0,0034	0,002	0,0053	0,002	6E-04	0,0002	0,04	0,11	0,00342
73,8	56,3	0,0065	0	0	5E-04	5E-04	0	0,012	0,05	0
73,8	78,8	0,0027	0,002	5E-05	0,012	0,012	0,0002	0,004	0,02	0,00191
73,8	101,3	0,0047	0,006	0,0022	0,005	5E-05	0,0119	0	0	0,00218
73,8	123,8	0,0015	5E-04	0,001	0,076	0,062	0,0227	0,063	0	0,00096
73,8	146,3	0,0469	0,008	0,0259	0,428	0,115	0,0316	0,221	0,03	0,42841
73,8	168,8	0,0609	0,094	0,1045	0,09	0,201	0,0825	0,165	0,12	0,08961
73,8	191,3	0,0002	0,165	0,1502	0,216	0,129	0,1198	0,026	0,02	0,12859
73,8	213,8	0	0,044	0,0632	0,105	0,035	0,0184	0,067	0,03	0,03514
73,8	236,3	0	0,001	0,0019	0,009	0,011	0,0002	0	0	0,00015
73,8	258,8	0	0,025	0,0037	0,095	0,065	0,0074	0,144	0,09	0,00744
73,8	281,3	0,3805	0,016	0,4682	0,919	0,657	0,5008	0,562	0,51	0,56205
73,8	303,8	0,339	0	0,033	0,289	0,137	0,5434	0,43	0,42	0,4304
73,8	326,3	0,2257	0,008	0	0,134	0,115	0,1623	0,078	0,05	0,04601
73,8	348,8	0,0446	0,025	0,0099	0	0,02	0,0184	0,029	0,01	0,00892
67,1	11,3	0,0084	0,019	0,0084	0,002	0	0,0005	0,012	0,12	0,0084
67,1	33,8	0,0114	0,012	0,0089	0,005	0,003	0	0,015	0,54	0,01137
67,1	56,3	0,0037	6E-04	0,0066	0,003	0,002	0	0,002	0,04	0,00055
67,1	78,8	0,0034	0,006	0,0008	0,02	0,005	0,0013	0,001	0	0,000578
67,1	101,3	0,0033	0,004	0,0049	0,004	0	0,0052	0,001	0	0,0049
67,1	123,8	0,0058	4E-04	0,0012	0,065	0,038	0,0213	0,01	0	0,00121
67,1	146,3	0,0072	0,004	0,0292	0,058	0,163	0,0155	0,049	0,02	0,05781
67,1	168,8	0,0244	0,013	0,1568	0,272	0,171	0,1796	0,006	0	0,27203
67,1	191,3	0,0002	0,013	0,1156	0,111	0,087	0,026	0,019	0	0,08663
67,1	213,8	0	0,004	0,0029	0,077	0,031	0,0011	0,07	0,02	0,03079
67,1	236,3	0	0,032	0,0124	0,01	0,03	0,0922	0,003	0	0,09223
67,1	258,8	0	0	0,0001	0,011	0,071	0,0002	0,099	0,07	0,00015
67,1	281,3	0,0097	0	0,0983	0,557	0,105	0,2059	0,287	0,19	0,28695

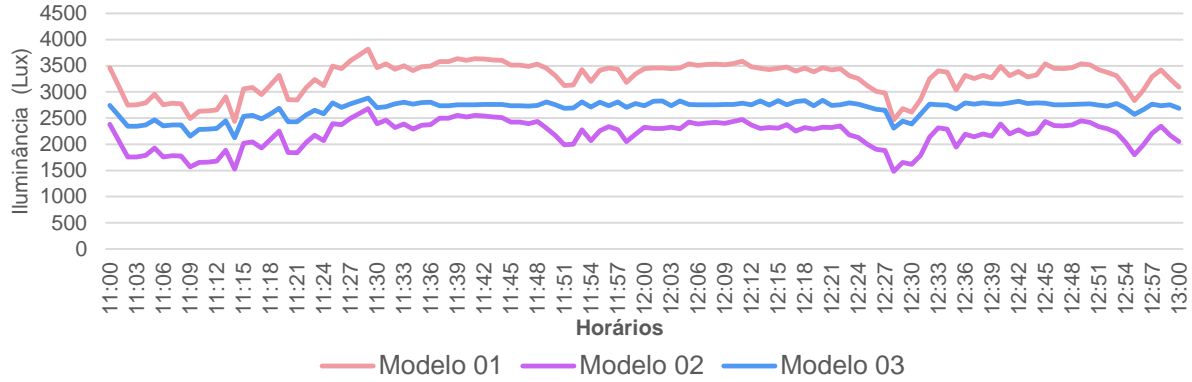
67,1	303,8	0,0338	0,002	0,0028	0,114	0,021	0,1136	0,015	0,01	0,01543
67,1	326,3	0,1124	0,006	0,0006	0,016	0,068	0,0086	0,079	0,05	0,05437
67,1	348,8	0,0447	0,016	0,0015	7E-04	0,007	0,02	0,011	0,01	0,00852
59,9	11,3	0,0273	9E-04	0,0067	3E-04	0	0,0049	0	0,03	0,02732
59,9	33,8	0,0062	0,002	0,0135	0,004	0	5E-05	0	0,31	0,00624
59,9	56,3	0,0185	0,006	0,0005	0,001	0,003	0	0	0,08	0,00614
59,9	78,8	0,0064	0,008	0,0063	0,014	6E-04	0,0004	0	0	0,008
59,9	101,3	0,0075	0,018	0,0003	0,006	0,045	0,02	0	0	0,0003
59,9	123,8	0,0062	0,023	0,0029	0,009	0,022	0,0183	0,081	0	0,00293
59,9	146,3	0,0013	0,007	0,0081	0,034	0,045	0,0134	0,027	0	0,03446
59,9	168,8	0,0104	0,023	0,0359	0,06	0,008	0,0069	0,004	0	0,05952
59,9	191,3	0	0,014	0,0143	0,049	0,002	0,0019	0,01	0	0,00192
59,9	213,8	0	0,003	0,0012	0,01	0,029	0,0002	0,04	0	0,02927
59,9	236,3	0	0,03	0,1794	0,045	0,009	0,0096	0,015	0,01	0,00964
59,9	258,8	0	0	0,04	0,008	0,006	0,006	0,01	0,01	0,00595
59,9	281,3	0	0	0,0051	0,074	0,007	0,0252	0,014	0	0,01379
59,9	303,8	0	0	0	0,077	0,062	0,0036	0,012	0	0,01182
59,9	326,3	0,0165	0,001	0,002	0	0,009	0,0377	0,015	0,01	0,01098
59,9	348,8	0,0064	0,004	0,0107	5E-05	8E-04	0,0002	0,01	0,01	0,01127
52,2	11,3	0,0033	0,002	0	2E-04	0	0,0007	0	0	0,00332
52,2	33,8	0,002	0,002	0,0006	8E-04	0	0	0	0,01	0,00201
52,2	56,3	0,0016	0,003	0	0	7E-04	0	0	0,09	0,00272
52,2	78,8	0,001	0,003	5E-05	0,003	0	0,0009	0	0	0,00332
52,2	101,3	0,0031	0,036	0,0006	0,005	0,022	0,0001	0	0	0,00056
52,2	123,8	0	0,01	0,0241	0,007	0,045	0,0198	0,006	0	0,02407
52,2	146,3	0,0002	0,119	0,0253	0,039	0,016	0,0016	0,009	0	0,03882
52,2	168,8	0,0082	0,09	0,007	0,041	0,016	0,0054	0,007	0,01	0,04056
52,2	191,3	0	0,009	0,0268	0,004	0,015	0,0002	0,02	0,19	0,01479
52,2	213,8	0	0,002	0,0028	0,079	0,036	0,0087	0,032	0,01	0,03629
52,2	236,3	0	0,002	0,0141	0,125	0,003	0,0227	0,021	0,02	0,02272
52,2	258,8	0	0,004	0,0097	0,029	0,014	0,0026	0,013	0,01	0,0026
52,2	281,3	0	0,004	0,0169	0,01	0,002	0,0035	0,0003	0	0,00035
52,2	303,8	0	0	0	0,01	0,037	0,0029	0,038	0,01	0,03767
52,2	326,3	0	0	0,0063	6E-04	0,002	0,0866	0,005	0	0,0022
52,2	348,8	0,0089	0,001	0,011	0	0,01	0,0028	0,002	0	0,00025
43,6	11,3	0,0011	0	0,0017	0	0	0	0,003	0	0,00106
43,6	33,8	0,0013	0	0	0	0	0	7E-04	0	0,00131
43,6	56,3	0	0,002	0	0	0	0	0	0,01	0,00201
43,6	78,8	0,0009	0,013	0,0007	4E-04	0	0	0	0	0,01287
43,6	101,3	0,0086	0,018	0,0088	0,01	0,003	0	0	0	0,00875
43,6	123,8	0,0003	0,008	0,0226	0,003	0,006	0,0003	0,001	0	0,02261
43,6	146,3	0,001	0,003	0,0441	0,021	0,005	0,0004	0,094	0	0,02052
43,6	168,8	0,0344	0,018	0,0095	0,059	0,011	0,0042	0,01	0	0,05916
43,6	191,3	0	0,03	0,0015	0,008	0,002	0,0015	0,016	0	0,00156
43,6	213,8	0	0,001	0,0013	0,02	0,014	0,0128	0,035	0	0,01429
43,6	236,3	0	0	0,001	0,018	0,001	0,0131	0,022	0	0,01309
43,6	258,8	0	0	0,0005	0,02	0,01	0,0126	0,023	0	0,01259
43,6	281,3	0,0002	0,002	0,0061	0,01	0,004	0,0048	0,007	0	0,00696
43,6	303,8	0	9E-04	0	2E-04	4E-04	0,0011	0,007	0	0,00717
43,6	326,3	0,0031	0,003	0,0073	0,003	1E-04	0,0006	0,001	0	0,0009
43,6	348,8	0,003	0	0,0074	0,003	0	0,0015	0,002	0	0
33,1	11,3	0,0297	0,003	0,0044	5E-04	5E-05	0	0,004	0	0,02973
33,1	33,8	0	0	0	0	0	0	0,006	0	0
33,1	56,3	0	2E-04	0	0	0	5E-05	5E-04	0	0,0002
33,1	78,8	0,0001	5E-05	0	5E-04	0	5E-05	0	0	0,00005
33,1	101,3	0,002	0,011	0	0,002	0	0,0001	0	0	0
33,1	123,8	0,0001	0,015	0	0,017	0	0	5E-05	0,03	0
33,1	146,3	0,0014	0,007	0,0086	0,036	0,02	0,0034	0	0	0,03625
33,1	168,8	0,0027	0,004	0,0128	0,008	5E-05	0,0001	3E-04	0	0,0082
33,1	191,3	0,0005	0,011	0,0113	0,017	7E-04	0,0017	0,005	0	0,00066
33,1	213,8	0	9E-04	0,0016	0,025	0,001	0,0005	0,008	0	0,00131
33,1	236,3	0	3E-04	0,0028	0,008	0,001	0,0019	0,008	0	0,0019
33,1	258,8	0,0101	0,001	0,0052	0,02	5E-04	0,0024	0,001	0	0,00235
33,1	281,3	0,0014	0,015	0	0,012	0,003	0,0005	0,006	0	0,00591
33,1	303,8	0,0033	0,013	0,0013	0,025	0,01	0	2E-04	0	0,00015
33,1	326,3	0,0215	0,009	0,0017	0,006	0	0,0006	4E-04	0	0,0004
33,1	348,8	0,0036	0,015	0,0057	0	4E-04	0,0011	0,001	0	0,00416

13,1	11,3	0,0003	0,018	0,0044	5E-04	0	0	2E-04	0	0,00025
13,1	33,8	0	0,003	0,0005	0,001	0,003	0	0,002	0	0
13,1	56,3	0,0002	0,006	0,0012	0,005	0	0	0	0	0,00569
13,1	78,8	0,0015	0,024	0,0004	5E-05	2E-04	0	4E-04	0	0,02449
13,1	101,3	0,0037	0,001	0,0015	3E-04	5E-04	0,0458	0,004	0	0,00147
13,1	123,8	0,0009	0,006	0	0,002	0,008	0,0441	0,002	0	0
13,1	146,3	0,0057	2E-04	0,0057	0,025	3E-04	0,0107	0,002	0	0,02545
13,1	168,8	5E-05	0,004	0,0017	0,003	0,002	0,001	0,008	0	0,00327
13,1	191,3	0	0,009	0,0297	0,002	4E-04	0,0005	9E-04	0	0,0004
13,1	213,8	0	6E-04	0,0412	5E-04	0,006	0,0006	0,013	0	0,00585
13,1	236,3	0	0,002	0,0031	0,006	0,008	0	0,004	0	0
13,1	258,8	0,0005	0,009	0	0,011	1E-03	0,0044	0,004	0	0,0044
13,1	281,3	0,0139	0,008	0,0112	0,002	8E-04	0,0018	0,003	0	0,00296
13,1	303,8	0,0068	0,011	0,0002	0,007	0	0,0007	0,007	0	0,00686
13,1	326,3	0,0139	0,009	0,0031	0,002	0,002	0,0008	0,004	0	0
13,1	348,8	0,0079	0,005	0,0012	9E-04	0,001	0,0002	0,022	0	0,0002

 Dados selecionados

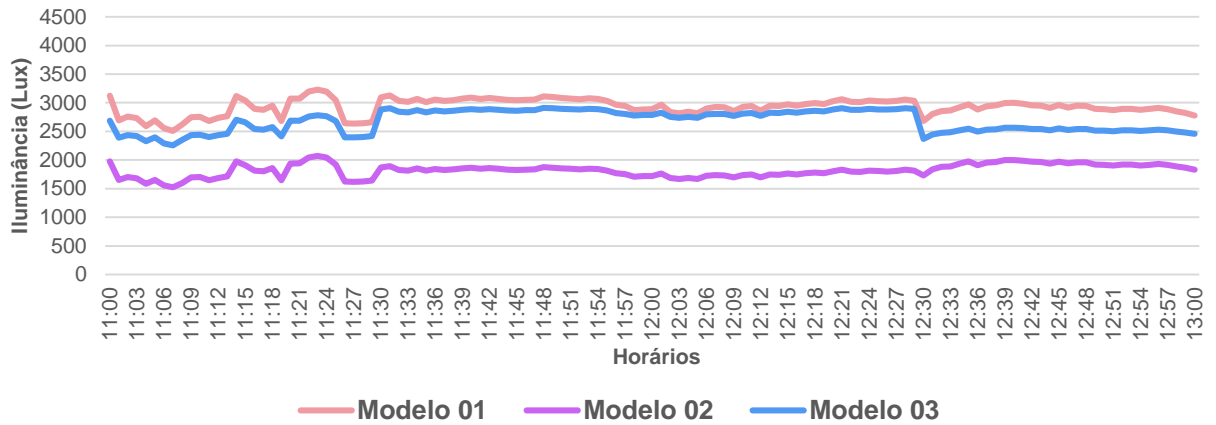
Apêndice D – Graficos de linha demonstrando o comportamento dos modelos virtuais simulados para cada espécie arbórea

Gráfico 01 – Comportamento da iluminância dos modelos geométricos da mangueira simulados na condição de céu claro



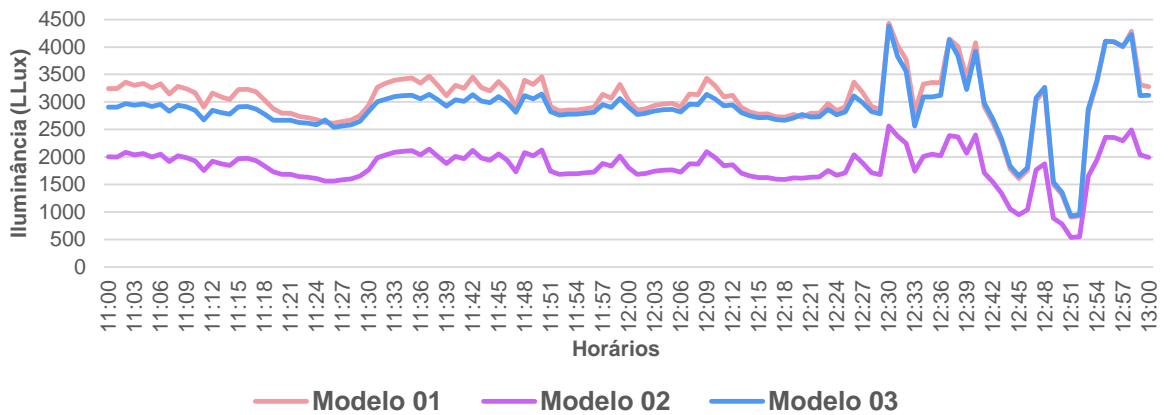
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 02 – Comportamento da iluminância dos modelos geométricos da mangueira simulados na condição de céu parcialmente encoberto



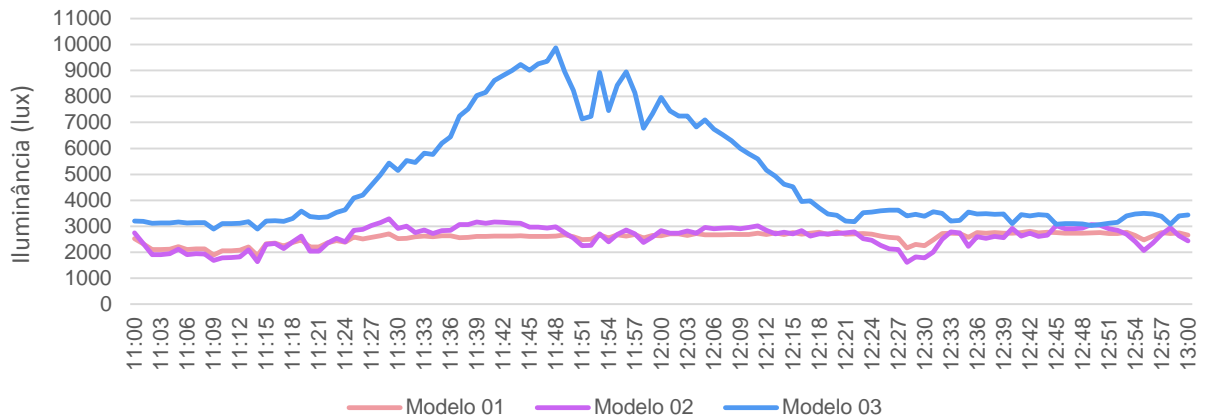
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 03 – Comportamento da iluminância dos modelos geométricos da mangueira simulados na condição de céu encoberto.



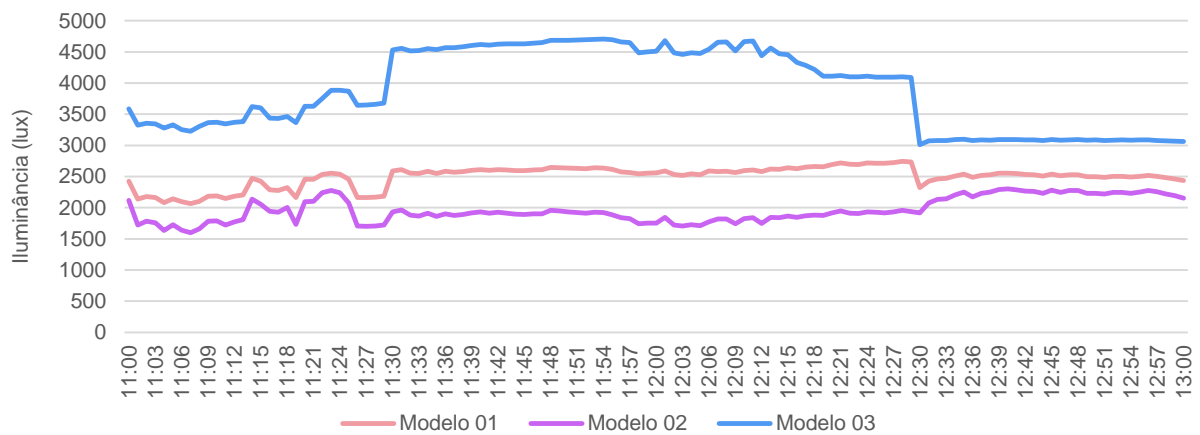
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 04 – Comportamento da iluminância dos modelos virtuais do pau-brasil simulados na condição de céu claro



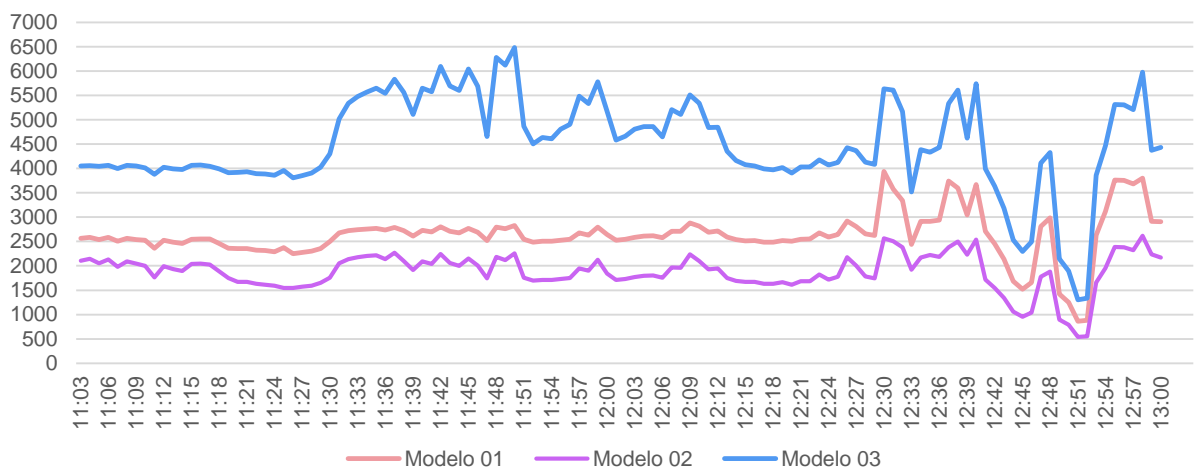
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 05 – Comportamento da iluminância dos modelos virtuais do pau-brasil simulados na condição de céu parcialmente encoberto



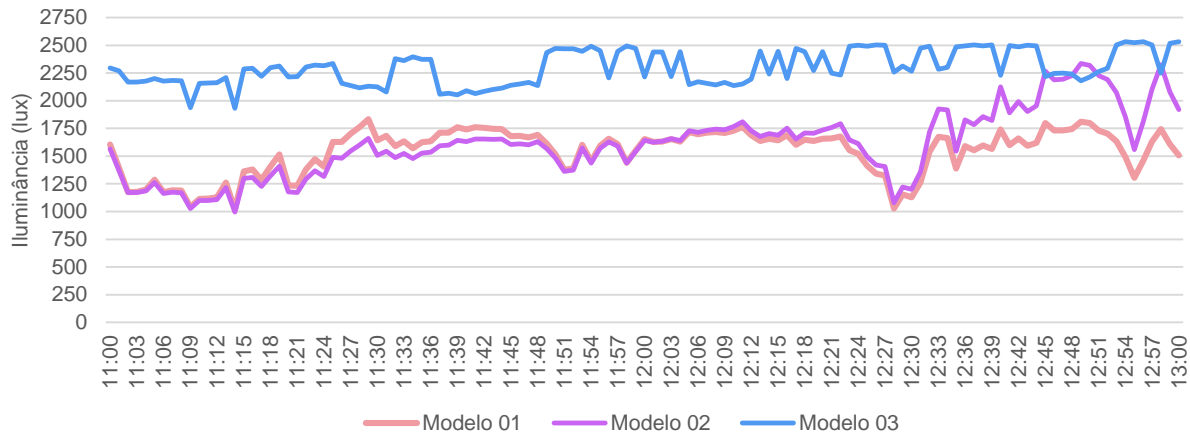
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 06 – Comportamento da iluminância dos modelos virtuais do pau-brasil simulados na condição de céu encoberto



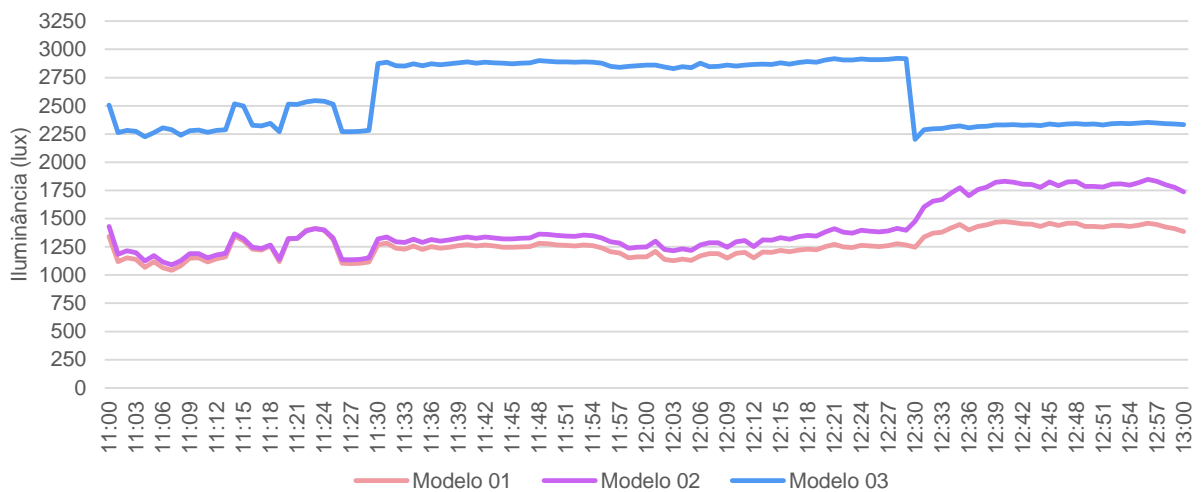
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 07 – Comportamento da iluminância dos modelos virtuais da pitombeira simulados na condição de céu claro



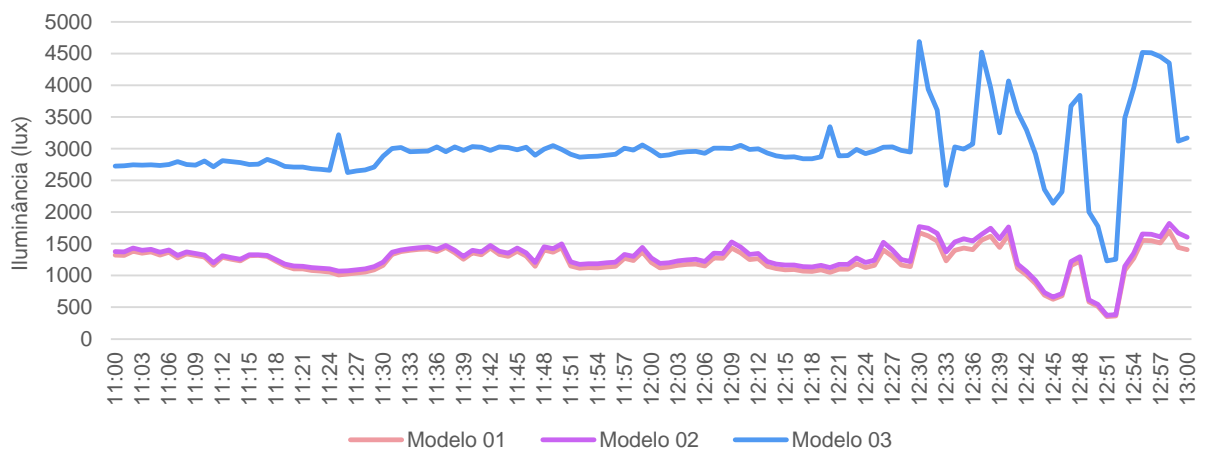
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 08 – Comportamento da iluminância dos modelos virtuais da pitombeira simulados na condição de céu parcialmente encoberto



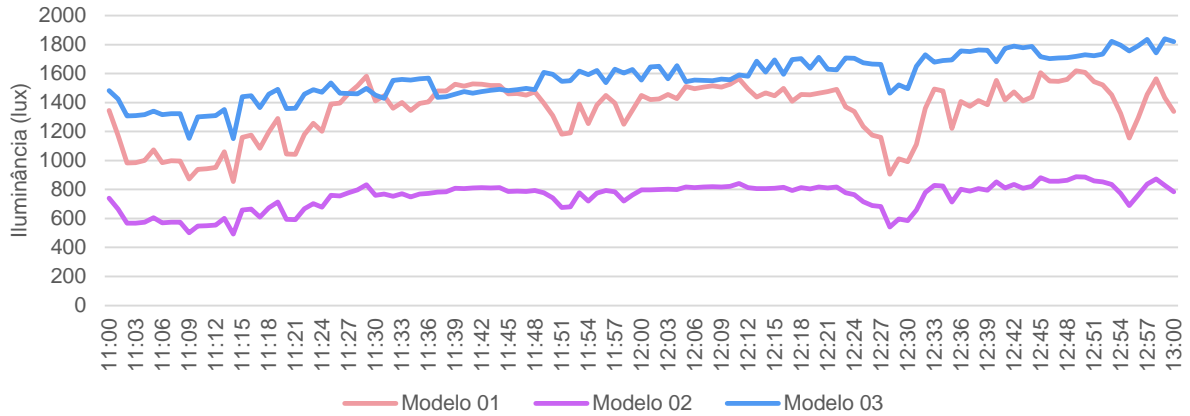
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 09 – Comportamento da iluminância dos modelos virtuais da pitombeira simulados na condição de céu encoberto.



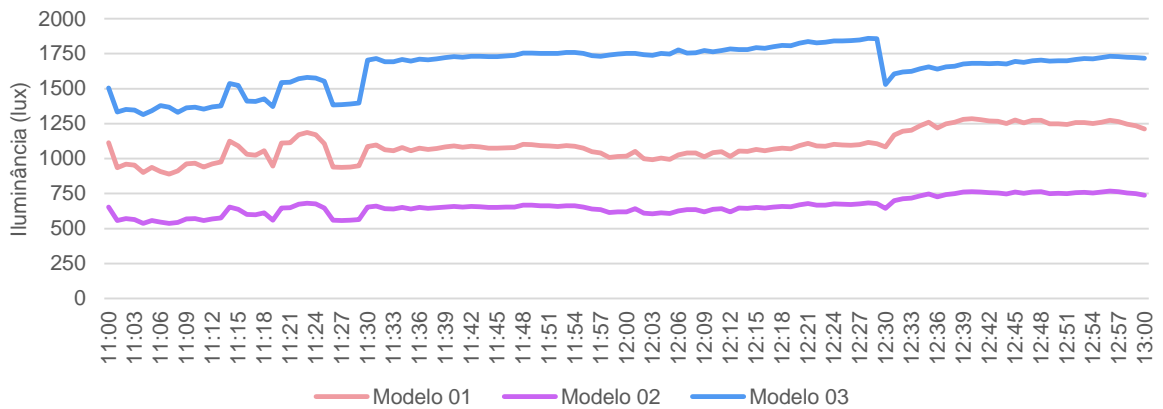
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 10 – Comportamento da iluminância dos modelos virtuais da carolina simulados na condição de céu claro



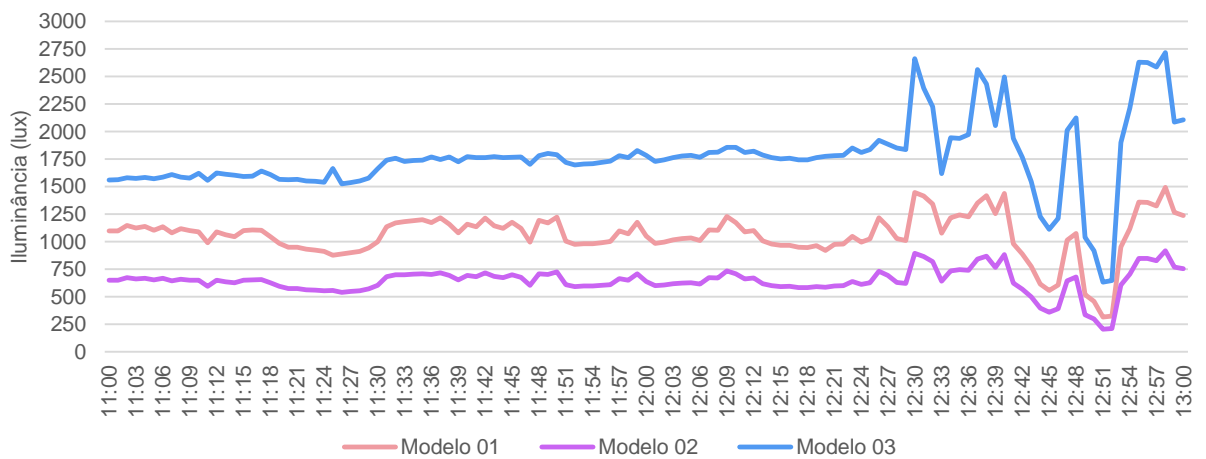
Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 11 – Comportamento da iluminância dos modelos geométricos da pitombeira simulados na condição de céu parcialmente encoberto.



Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 12 – Comportamento da iluminância dos modelos virtuais da carolina simulados na condição de céu encoberto



Fonte: Elaborado pela autora