

Ensaio de caracterização dos campos visuais de crianças  
em salas de aula: identificação dos componentes  
arquitetônicos de maior influência

Natalia Giraldo Vásquez

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**

Natalia Giraldo Vásquez

**ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS CAMPOS VISUAIS DE CRIANÇAS EM  
SALAS DE AULA: IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES  
ARQUITETÔNICOS DE MAIOR INFLUÊNCIA**

Dissertação submetida ao Programa de  
Pós-Graduação em Arquitetura e  
Urbanismo da Universidade Federal de  
Santa Catarina para a obtenção do Grau  
de Mestre em Arquitetura e Urbanismo  
Orientador:

Prof. PhD. Fernando Oscar Ruttkay Pereira

Co-orientadora :

Prof. Dra. Marta Dischinger

Florianópolis

2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da  
Universidade Federal de Santa Catarina

V335e Vásquez, Natalia Giraldo  
Ensaio de caracterização dos campos visuais de crianças  
em salas de aula [dissertação] : identificação dos  
componentes arquitetônicos de maior influência / Natalia  
Giraldo Vásquez ; orientador, Fernando Oscar Ruttkay Pereira,  
co-orientadora, Marta Dischinger. - Florianópolis, SC, 2011.  
207 p.: il., grafs., tabs., plantas

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em  
Arquitetura e Urbanismo.

Inclui referências

1. Arquitetura. 2. Crianças. 3. Campos visuais. 4.  
Iluminação natural. 5. Luminância. I. Pereira, Fernando  
Oscar Ruttkay. II. Dischinger, Marta. III. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em  
Arquitetura e Urbanismo. IV. Título.

CDU 72

Natalia Giraldo Vásquez

**ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS CAMPOS VISUAIS DE CRIANÇAS EM  
SALAS DE AULA: IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES  
ARQUITETÔNICOS DE MAIOR INFLUÊNCIA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Arquitetura e Urbanismo”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.

Florianópolis, 20 de junho de 2011.

---

Prof. Fernando Oscar Rutt kay Pereira, Ph.  
Coordenador PósArq

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Fernando Oscar Rutt kay Pereira, Ph.  
Orientador- UFSC

---

Prof.<sup>a</sup>, Dr.<sup>a</sup> Marta Dischinguer,  
Co-Orientadora- UFSC

---

Prof., Dr. Anderson Claro,  
UFSC

---

Prof.<sup>a</sup>., Dr.<sup>a</sup>. Maristela Moraes de Almeida,  
UFSC

---

Prof., Dr. Paulo Sergio Scarazzato,  
USP





A mi mamá, mi papá y mis peques.  
A mis abuelos y abuelas.



## AGRADECIMENTOS

Al lugar de donde vengo y a las personas a las que pertenezco. Gracias por su compañía, porque a pesar de los kilómetros, el soporte que todos y cada uno de ustedes me dio, ayudó en la culminación de esta etapa de mi crecimiento personal.

Al lugar que me recibió y a las personas que me acogieron, porque en todo este tiempo ustedes fueron mi familia aquí. Todos grandes amigos y compañeros. Siempre estarán en mi mente.

Muchas gracias a toda mi familia. Mis familias y amigos de aquí y de allá, por hacer todo más alegre.

Á CAPES e ao CNPq pela ajuda econômica da bolsa de estudo.

## RESUMO

A sala de aula é um dos ambientes nos quais as crianças passam grande parte do tempo e, especificamente durante a fase do ensino pré-escolar, as crianças entre 4 e 6 anos de idade realizam diversas atividades dentro do espaço de sala de aula, que modificam suas posturas corporais e estas, por sua vez, a altura na qual os olhos se encontram. Tais atividades podem ser desenvolvidas simultaneamente, neste mesmo ambiente, por diferentes usuários que, além, possuem diferentes tamanhos corporais. Sendo assim, a arquitetura de salas de aula para este nível de ensino e aprendizagem deveria ser projetada considerando os aspectos mencionados anteriormente, pois essas características arquitetônicas influirão na qualidade da iluminação e sensação de conforto.

Este trabalho teve como objetivo identificar esses aspectos da arquitetura que tem maior influência na percepção do ambiente luminoso e na sensação do ofuscamento, a partir da caracterização dos campos visuais de crianças quando muda a altura da linha de visão. A metodologia usou a simulação computacional no programa Apolux e o modelo matemático do *DGI* para avaliar, em condições estáticas, três aspectos importantes para caracterizar o campo visual total e as três zonas que o compõem: a área relativa dos componentes arquitetônicos no campo visual, a distribuição das luminâncias médias desses componentes e a sensação do ofuscamento. A comparação dos resultados obtidos nas 168 avaliações realizadas, permitiu identificar, para essas condições específicas, a relação da ocupação dos componentes arquitetônicos e a distribuição das luminâncias com as zonas do campo visual e a avaliação de desconforto causado pelo ofuscamento. Este trabalho permitiu reconhecer algumas diretrizes projetuais sobre aqueles aspectos da arquitetura de salas de aula de pré-escolar, como a refletância das superfícies e a distribuição e localização das aberturas, que devem ser considerados no projeto arquitetônico para melhorar a percepção do ambiente luminoso e a sensação de conforto visual nas primeiras fases de aprendizagem.

**Palavras-chave:** arquitetura, crianças, campo visual, ofuscamento, iluminação natural, distribuição de luminâncias.

## ABSTRACT

The classroom is one of the environments in which children spend most of their time, and specifically during the stage of pre-school, children between 4 and 6 years old perform various activities within the space of the classroom, which modify their body postures, and these in turn, the height at which the eyes are located. Such activities can be developed simultaneously at the same place, but for different users that, in addition, have different body sizes. Thus, the architectural of classroom for this education and learning level should be designed considering the aspects mentioned previously, because these architectural characteristics will influence the illumination quality and comfort sensation.

This work aimed to identify these aspects of the architecture that have the greatest influence on the perception of the luminous environment and the glare sensation, from the characterization of the visual fields of children when the height of the line of sight changes. The methodology used the computer simulation in the Apolux software and the equation of DGI to evaluate, in static conditions, three important aspects to characterize the total visual field and the three zones that comprise: the relative area of the architecture components in the visual field, the mean luminance distribution of these components and the glare sensation. The comparison of results obtained in the 168 realized evaluations, provided to identify, for these specific conditions, the relation of the occupation of the architectural components and the luminance distribution in visual field zones and the evaluation of the daylight discomfort glare. This work allowed identifying some guidelines on those aspects of the architecture of pre-school classrooms, as the reflectance of surfaces and the distribution and location of the openings, which should be considered in the architectural design to improve the luminous environment perception and the visual comfort sensation in the early stages of learning.

**Keywords:** architecture, children, visual field, glare, daylighting, luminance distribution.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Quadro resumo da pesquisa .....	22
Figura 2: Sensibilidade espectral do olho humano .....	29
Figura 3: Campo visual no plano horizontal .....	31
Figura 4: Zonas do campo visual .....	32
Figura 5: Nível de adaptação visual vs. Luminância do objeto. ....	33
Figura 6: Integração das necessidades humanas, arquitetura e qualidade da iluminação .....	36
Figura 7: Refletâncias recomendadas das superfícies e móveis de salas de aula.....	38
Figura 8: Exemplo dos dois ambientes luminosos escolhidos por um participante da pesquisa .....	42
Figura 9: Expressão gráfica do cálculo do Position Index.....	45
Figura 10: Cena decomposta nos elementos arquitetônicos para análise de luminâncias.....	48
Figura 11: Limiares de luminância usados.....	50
Figura 12: Mapa da metodologia .....	57
Figura 13: Definição das variáveis metodológicas.....	60
Figura 14: Caracterização das tarefas desenvolvidas sentadas no chão .....	61
Figura 15: Caracterização das tarefas desenvolvidas em pé e sentada em cadeira .....	62
Figura 16: Creche Maria Barreiros.....	64
Figura 17: Creche Almirante Lucas Boiteaux.....	65
Figura 18: Creche Anna Spyrios Dimatos .....	66
Figura 19: Creche Hermenegilda Carolina Jacques .....	67
Figura 20: Creche Júlia Maria Rodrigues .....	68
Figura 21: Definição das características arquitetônicas do Modelo A .....	72
Figura 22: Definição das características arquitetônicas do Modelo B .....	73
Figura 23: Definição das características arquitetônicas do Modelo C .....	74
Figura 24: Quadro resumo das situações simuladas .....	75
Figura 25: Quadro resumo das visuais avaliadas em cada situação .....	76
Figura 26: Planilha base para o processamento de dados .....	80
Figura 27: Imagem da cena observada e das luminâncias geradas pelo Apolux.....	81
Figura 28: Modelo de ficha para caracterização dos campos visuais.....	83
Figura 29: Sequência de cenas visuais quando a altura dos olhos varia de menor a maior. Direção da visão 1-Modelo A.....	85
Figura 30: Ocupação dos componentes nas zonas do campo visual.....	86

Figura 31: Sequência de cenas visuais quando a altura dos olhos varia de menor a maior. Direção da visão 1-Modelo B.....	88
Figura 32: Sequência de cenas visuais quando a altura dos olhos varia de menor a maior. Direção da visão 1-Modelo C.....	90
Figura 33: Sequência de cenas visuais quando a altura dos olhos varia de menor a maior. Direção da visão 2-Modelo A .....	92
Figura 34: Sequência de cenas visuais quando a altura dos olhos varia de menor a maior. Direção da visão 2-Modelo B.....	93
Figura 35: Sequência de cenas visuais quando a altura dos olhos varia de menor a maior. Direção da visão 2-Modelo C.....	95
Figura 36: Distribuição das luminâncias na visão central. Dir. da visão1- Modelo A.....	101
Figura 37: Distribuição das luminâncias no ergorama. Dir. da visão1- Modelo A.....	102
Figura 38: Distribuição das luminâncias no panorama. Dir. da visão1- Modelo A.....	103
Figura 39: Componentes de maior ocupação por postura corporal .....	138
Figura 40: Componentes de maior ocupação e maior $L_{méd.}$ no campo visual .....	140
Figura 41: Diretrizes projetuais .....	143
Figura 42: Objetivos e resultados alcançados .....	144



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Desenvolvimento da visão .....	30
Tabela 2: Faixas limites do brilho aparente entre os elementos do campo visual .....	37
Tabela 3: Comparação entre valores do <i>DGI</i> e <i>UGR</i> . Relação com o <i>GSV</i> ...	47
Tabela 4: Altura e altura dos olhos da população infantil brasileira. ....	59
Tabela 5: Alturas selecionadas para cada agrupação.....	59
Tabela 6: Ocorrência dos tipos de céu em Florianópolis segundo arquivo climático.....	70
Tabela 7: Valores de contraste obtidos no Modelo A .....	116
Tabela 8: Valores de contraste obtidos no Modelo B .....	119
Tabela 9: Valores de contraste obtidos no Modelo C .....	122
Tabela 10: Valores de <i>DGI</i> obtidos no Modelo A .....	124
Tabela 11: Valores de <i>DGI</i> obtidos no Modelo B.....	127
Tabela 12: Valores de <i>DGI</i> obtidos no Modelo C.....	130

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AG	Agrupamento
BGI	<i>British Glare Index</i>
CGI	<i>CIE Glare Index</i>
CIBSE	<i>Chartered Institution of Building Services Engineers</i>
CIE	<i>Comission Internationale de L' Eclairage</i>
DF	<i>Daylight Factor</i>
DGI	<i>Daylight Glare Index</i>
DGP	<i>Daylight Glare Probability</i>
DGPs	<i>Simplified Daylight Glare Probability</i>
DXF	<i>Drawing Exchange Format</i>
GSV	<i>Glare Sensation Vote</i>
HDRI	<i>High Dynamic Range Imaging</i>
HMG	<i>Heschong Mahone Group</i>
IESNA	<i>Illuminating Engineering Society of North America</i>
IR	Infravermelho
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
MEC	Ministério de Educação e Cultura
NBR	Norma Brasileira
NDI	Núcleo de Desenvolvimento Infantil
NEI	Núcleo de Educação Infantil
P5	Percentil 5
P50	Percentil 50
P95	Percentil 95
PAF	Porcentagem de aberturas em fachada
PI	Position Index
SAD	<i>Seasonally affective disorder</i>
TRY	<i>Test Reference Year</i>
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UGR	<i>Unified Glare Rating</i>
UV	Ultravioleta
VLL	<i>Virtual Lighting Laboratory</i>

## LISTA DE SIMBOLOS

<b>C</b>	Contraste
<b>L<sub>fundo</sub></b>	luminância do fundo
<b>L<sub>maior</sub></b>	luminância maior
<b>L<sub>max</sub></b>	luminância máxima
<b>L<sub>medjanela ergo</sub></b>	luminância média da janela no ergorama
<b>L<sub>medjanela pano</sub></b>	luminância média da janela no panorama
<b>L<sub>medjanela v.cent</sub></b>	luminância média da janela na visão central
<b>L<sub>menor</sub></b>	luminância menor
<b>L<sub>min</sub></b>	luminância mínima
<b>L<sub>objeto</sub></b>	luminância do objeto
<b>R</b>	Refletância
<b>Sr</b>	esferorradiano
<b>Ω</b>	ângulo sólido subtendido da fonte, modificado pela posição no campo visual por meio do <i>PI</i>
<b>ω</b>	ângulo sólido subtendido entre o olho e a fonte

## SUMARIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
1.1	JUSTIFICATIVA .....	19
1.2	COLOCAÇÃO DO PROBLEMA.....	21
1.3	OBJETIVOS.....	23
1.3.1	Geral.....	23
1.3.2	Específicos.....	23
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>24</b>
2.1	A LUZ .....	24
2.2	A LUZ NATURAL E A SAÚDE.....	25
2.2.1	Ciclos circadianos .....	25
2.2.2	Aspectos psicológicos .....	26
2.3	A ILUMINAÇÃO NAS ESCOLAS.....	26
2.4	VISÃO E PERCEPÇÃO .....	28
2.4.1	Estágios do desenvolvimento da visão .....	29
2.4.2	Campo visual.....	31
2.4.3	Adaptação visual .....	32
2.5	CONFORTO VISUAL .....	34
2.5.1	Uniformidade e Diversidade .....	34
2.5.2	Contraste.....	35
2.5.3	Brilho aparente .....	35
2.5.4	Constância luminosa .....	36
2.5.5	Níveis de iluminação .....	36
	Níveis de iluminação nas salas de aula .....	38
2.5.6	Conforto visual em crianças.....	39
2.6	PREFERÊNCIAS DOS USUÁRIOS .....	39
2.6.1	Contato com o exterior.....	39
2.6.2	Luz solar nos espaços interiores .....	40
2.7	OFUSCAMENTO.....	42
2.7.1	Ofuscamento desabilitador.....	43
2.7.2	Ofuscamento perturbador.....	43
2.8	AVALIAÇÃO DO OFUSCAMENTO .....	43
2.8.1	Position Index .....	44
2.8.2	Índices para determinar o ofuscamento.....	45
2.8.3	Avaliações por simulação computacional.....	47
2.8.4	Avaliações subjetivas .....	51
2.9	SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS.....	52
	Apolux.....	53
2.10	CONSIDERAÇÕES FINAIS DA REVISÃO DA LITERATURA.....	54

<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>56</b>
3.1	OBJETO DO ESTUDO .....	58
	Características da faixa etária .....	58
3.2	MÉTODOS E TÉCNICAS.....	59
3.2.1	Caracterização das tarefas próprias da idade .....	60
3.2.2	Levantamento Arquitetônico.....	63
3.3	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL .....	69
3.3.1	Definição dos modelos para simulação .....	70
3.3.2	Quantidade de simulações e situações analisadas .....	71
3.4	TRATAMENTO DOS DADOS.....	77
3.4.1	Método analítico.....	77
3.4.1.1	Escolha do índice para avaliação do ofuscamento .....	77
3.4.1.2	Processamento de dados.....	78
3.4.2	Procedimento gráfico .....	80
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>84</b>
4.1	OCUPAÇÃO DOS COMPONENTES ARQUITETÔNICOS .....	84
4.1.1	Direção da visão 1.....	84
4.1.1.1	Modelo A .....	85
4.1.1.2	Modelo B .....	88
4.1.1.3	Modelo C.....	90
4.1.2	Direção da visão 2.....	91
4.1.2.1	Modelo A .....	92
4.1.2.2	Modelo B .....	93
4.1.2.3	Modelo C.....	94
4.2	DISTRIBUIÇÃO DAS $L_{médias}$ .....	96
4.2.1	Direção da visão 1.....	97
4.2.1.1	Modelo A .....	97
4.2.1.2	Modelo B .....	104
4.2.1.3	Modelo C.....	107
4.2.2	Direção da visão 2.....	109
4.2.2.1	Modelo A .....	109
4.2.2.2	Modelo B .....	111
4.2.2.3	Modelo C.....	113
4.3	CONTRASTE ENTRE AS ZONAS DO CAMPO VISUAL.....	115
4.3.1	Modelo A .....	115
4.3.2	Modelo B .....	118
4.3.3	Modelo C.....	120
4.4	AVALIAÇÕES DE DESCONFORTO POR OFUSCAMENTO .....	123
4.4.1	Modelo A .....	123
4.4.2	Modelo B .....	126
4.4.3	Modelo C.....	129
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DOS RESULTADOS .....	131

<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>135</b>
5.1	CONCLUSÕES .....	135
5.1.1	Metodologia.....	135
5.1.2	Ocupação dos componentes arquitetônicos no campo visual.....	137
5.1.3	Distribuição das $L_{médias}$ .....	139
5.1.4	Desconforto causado por ofuscamento.....	141
5.1.5	Diretrizes projetuais.....	142
5.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	145
5.2.1	LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	145
5.2.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	145
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>147</b>
	<b>APÊNDICE A- Componentes no campo visual. Direção da visão 1 ....</b>	<b>152</b>
1.	Modelo B.....	152
2.	Modelo C.....	153
	<b>APÊNDICE B- Componentes no campo visual. Direção da visão 2 ....</b>	<b>154</b>
1.	Modelo A.....	154
2.	Modelo B.....	155
3.	Modelo C.....	156
	<b>APÊNDICE C- Distribuição das <math>L_{médias}</math>. Direção visão 1.....</b>	<b>157</b>
1.	Modelo A: Imagens da distribuição das L no campo visual.....	157
2.	Modelo B: Imagens da distribuição das L no campo visual.....	159
3.	Modelo B: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes na visão central	161
4.	Modelo B: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no ergorama.....	162
5.	Modelo B: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no panorama....	163
6.	Modelo C: Imagens da distribuição das L no campo visual.....	164
7.	Modelo C: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes na visão central	166
8.	Modelo C: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no ergorama.....	167
9.	Modelo C: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no panorama....	168
	<b>APÊNDICE D- Distribuição das <math>L_{médias}</math>. Direção visão 2 .....</b>	<b>169</b>
1.	Modelo A: Imagens da distribuição das L no campo visual.....	169
2.	Modelo A: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes na visão central	171
3.	Modelo A: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no ergorama ....	172
4.	Modelo A: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no panorama....	173
5.	Modelo B: Imagens da distribuição das L no campo visual.....	174
6.	Modelo B: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes na visão central	176
7.	Modelo B: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no ergorama.....	177
8.	Modelo B: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no panorama....	178
9.	Modelo C: Imagens da distribuição das L no campo visual.....	179
10.	Modelo C: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes na visão central	181
11.	Modelo C: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no ergorama.....	182
12.	Modelo C: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no panorama....	183

<b>APÊNDICE E – Fichas de caracterização do campo visual.....</b>	<b>184</b>
Ficha nº01 .....	184
Ficha nº02 .....	185
Ficha nº03 .....	186
Ficha nº04 .....	187
Ficha nº05 .....	188
Ficha nº06 .....	189
Ficha nº07 .....	190
Ficha nº08 .....	191
Ficha nº09 .....	192
Ficha nº10 .....	193
Ficha nº11 .....	194
Ficha nº12 .....	195
Ficha nº13 .....	196
Ficha nº14 .....	197
Ficha nº15 .....	198
Ficha nº16 .....	199
Ficha nº17 .....	200
Ficha nº18 .....	201
Ficha nº19 .....	202
Ficha nº20 .....	203
Ficha nº21 .....	204
Ficha nº22 .....	205
Ficha nº23 .....	206
Ficha nº24 .....	207

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 JUSTIFICATIVA**

Nosso campo visual muda em função de três variáveis principais: a direção de nossa visão, o ambiente no qual nos encontramos e as condições da iluminação. Estes três aspectos fundamentais determinam uma cena visual específica, a qual pode ser conhecida a partir de fotografias ou imagens resultantes de simulações e, comparadas com a sensação de conforto visual. Em relação ao conforto visual, as análises que são feitas comumente no projeto arquitetônico têm a ver com a disponibilidade de luz no plano de trabalho, a qual deve alcançar os limites mínimos estabelecidos para cada espaço e tipo de tarefa. Nos estudos mais aprofundados a avaliação do conforto visual considera como é percebido o brilho das superfícies que compõem a cena visual e conseqüentemente o campo visual. Estes estudos se constituem principalmente em pesquisas que visam desenvolver ferramentas para incluir este tipo de avaliação no processo do projeto arquitetônico.

Porém, o conforto visual vem sendo abordado não só a partir das mensurações do fenômeno e sim tratando outros aspectos que o influenciam. Alguns pesquisadores têm se focado nos aspectos mais subjetivos como as preferências dos usuários por seu ambiente visual e suas sensações e percepções com relação a este.

Falando especificamente da iluminação natural, Boyce (2003) destaca as preferências e os grandes benefícios na saúde e desempenho das pessoas quando a principal fonte de luz é natural. Em relação às preferências, os usuários de um espaço têm melhor aceitação por ambientes luminosos e que possuem janelas sobre aqueles ambientes que, embora garantam níveis adequados de iluminação para desenvolver uma tarefa, não possuem contato com o exterior (TREGENZA; LOE, 1998). O estudo posterior de Tuaycharoen e Tregenza (2005) testou a hipótese de que o interesse de uma pessoa no conteúdo de uma imagem faz com que a tolerância ao brilho desta aumente. Esta questão permitiu aos pesquisadores concluir que os valores estéticos, ao olhar através de uma janela, são relevantes e influenciam na avaliação do ofuscamento (TUAYCHAROEN; TREGENZA, 2007).



Outro fator importante ao avaliar a sensação de conforto visual tem a ver com o desejo de que haja luz do sol dentro do espaço. A experiência visual das pessoas quando há presença de manchas de sol no espaço interior produz sentimentos de bem-estar, segundo Ne'eman e Hopkinson (1975) e Wymelenberg, Inanici e Johnson (2010). Esta experiência positiva depende do tempo de duração da luz do sol no interior e a cuidadosa localização da superfície ensolarada dentro do espaço, pelo que a direção da visão é de grande importância nestas situações.

Apesar do acima exposto, considerar a carga de subjetividade que pode ter cada avaliação do conforto visual resultaria em um estudo pouco viável (BOYCE, 2010). É por isso que os três aspectos principais que determinam uma cena visual são condensados em equações que permitem estabelecer numericamente a sensação de desconforto por ofuscamento ou a probabilidade de estar ofuscado. Essas expressões matemáticas representam correlações de dados empíricos que permitem chegar a um valor que estima quão incômodo se pode estar com relação a uma fonte de luz a partir da luminância média da fonte, do ângulo sólido entre o observador e a fonte, a luminância do fundo e, em algumas ocasiões, a iluminância no olho do observador (HOPKINSON; PETHERBRIDGE; LONGMORE, 1966).

Mas assim como não é possível considerar os aspectos subjetivos de cada usuário, como já foi exposto, um valor obtido mediante uma equação não é suficiente para conhecer a percepção do ambiente visual de uma pessoa. É neste ponto que o conhecimento do tipo de conteúdo do campo visual e suas características são relevantes para complementar as informações fornecidas pelos dados matemáticos. As mais recentes pesquisas na área (WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006; INANICI; NAVVAB, 2006; WYMELENBERG; INANICI; JOHNSON, 2010) integram os resultados de ambas as avaliações com o intuito de obter análises mais completas e que permitam entender as características dos elementos que compõem o campo visual e suas mudanças quando alguma das variáveis é alterada.

Contudo, nestas pesquisas os usuários são pessoas adultas em ambientes laborais. Até hoje, os estudos que têm sido realizados em relação às crianças e às características da iluminação na sala de aula falam da influência da luz natural no seu comportamento e

desempenho acadêmico. No relatório elaborado pelo Heschong Mahone Group em 1999, nas escolas *Capistrano Unified School District* na Califórnia e *Seattle Public School District* em Washington, os resultados confirmaram a influência da luz natural e a associação positiva com o melhor desempenho dos alunos nas áreas de matemática e de leitura, independentemente do nível escolar (HESCHONG MAHONE GROUP, 2002).

Apesar de existirem múltiplas pesquisas concernentes ao conforto visual, é indispensável um maior detalhamento para entender como as crianças visualizam os elementos de suas salas de aula e como a luz se distribui neles. Assim, para a avaliação do conforto visual deveriam ser realizadas duas análises: de ofuscamento e de características do campo visual. Um fato importante que deve ser considerado é que em uma sala de aula existem vários usuários, de diferentes alturas. Se as dimensões corporais destes, neste caso as alturas da linha da visão, ao serem tão variáveis, influenciam na caracterização do campo visual, deveriam ser consideradas também nesta avaliação e caracterização, resultando em uma relação da antropometria, as condições da iluminação e a arquitetura.

Este estudo é importante na medida em que considera as variações antropométricas na análise e caracterização do campo visual das crianças e a influência que estas têm na sensação de conforto, apontando mais um aspecto que deveria ser considerado pelos arquitetos ao projetarem espaços nos quais os usuários possuem diferentes tamanhos e altura dos olhos, independentemente das razões destas diferenças. Partindo deste ponto, são necessários outros estágios, de pesquisas posteriores, onde possam ser desenvolvidas ferramentas que complementem e facilitem fazer tal avaliação com a inclusão dos resultados na prática profissional, visando melhorar a sensação de conforto visual nestas situações.

## **1.2 COLOCAÇÃO DO PROBLEMA**

Esta pesquisa parte da pergunta: como a altura da linha de visão muda as características do campo visual das crianças dentro da sala de aula e sua sensação de ofuscamento? Para responder a esta pergunta, devem ser abrangidas as diferentes situações pelas quais a altura da linha de visão muda.

Neste estudo são considerados três fatores básicos que fazem com que esta mudança aconteça, sendo cada um, consequência do anterior. O primeiro é a idade, que em condições normais aumenta as dimensões corporais com o decorrer do tempo. Por sua vez, a idade define a etapa escolar das crianças que, segundo o processo de ensino e aprendizagem, define o tipo de tarefas a serem desenvolvidas e com elas as posturas corporais adotadas de acordo com a superfície de trabalho. Outro fator importante considerado é a arquitetura da sala de aula, já que nos primeiros anos do processo de escolarização possuem características diferenciadas.

A Figura 1 apresenta a estrutura geral da pesquisa para identificar as diferenças quanto à quantidade, distribuição e variabilidade das luminâncias no campo visual e sua relação com a avaliação do ofuscamento. O quadro é um esquema geral da pesquisa no qual estão contidos os parâmetros atendidos para tentar responder à pergunta inicial. Sendo assim, o esquema do quadro parte no primeiro nível com a pergunta da pesquisa e continua com a população alvo e as características da mesma. No segundo nível são apresentadas as variáveis usadas para caracterizar os campos visuais e que, de acordo com a metodologia proposta, levará ao atendimento dos objetivos deste trabalho.

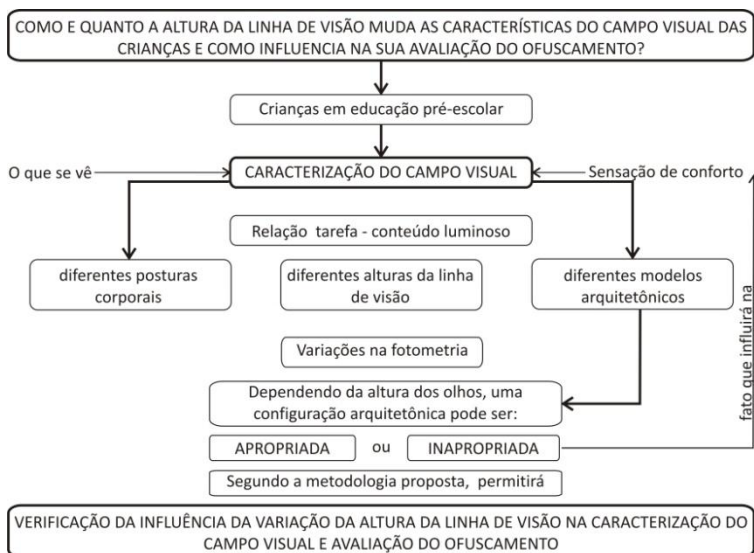


Figura 1: Quadro resumo da pesquisa

## **1.3 OBJETIVOS**

São apresentados a seguir os objetivos a atender no trabalho proposto.

### **1.3.1 Geral**

Caracterizar os campos visuais das crianças em função das mudanças na altura da linha de visão, segundo a faixa etária, as características das tarefas e os atributos da arquitetura da sala de aula, a partir de um ensaio de um método que permita identificar aqueles aspectos da arquitetura que têm maior influência na percepção do ambiente luminoso e, possivelmente, na sensação de conforto visual.

### **1.3.2 Específicos**

1. Testar a proposição de um método para analisar a distribuição e a ocupação dos elementos vistos nas zonas do campo visual, bem como a distribuição das luminâncias dos mesmos, para comparar as variações em diferentes direções da visão e condições de iluminação.

2. Caracterizar nos ambientes estudados os campos visuais de crianças de três faixas etárias em três alturas diferentes da linha de visão: em pé, sentada no chão e sentada em cadeira e, dentro de três salas de aula diferentes, visando identificar as respectivas variações.

3. Comparar as avaliações do ofuscamento nas diferentes alturas da linha de visão adotadas segundo as características das tarefas desenvolvidas nas três posturas corporais estabelecidas e adotadas pelas crianças dentro da sala de aula.

4. Identificar nas situações avaliadas as características das superfícies, a disposição das aberturas e do mobiliário, que possam melhorar a sensação de conforto, em relação à qualidade do ambiente visual das crianças em etapa pré-escolar, dentro da sala de aula.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão dos temas e conceitos referentes ao assunto da pesquisa. Encontra-se dividido em 6 partes: na **primeira** é apresentada uma breve conceituação da luz e as grandezas fotométricas, na **segunda**, é exposta a influência da luz na saúde humana; na **terceira**, faz-se a introdução inicial ao tema da iluminação nas salas de aula e a influência da luz na aprendizagem; a **quarta** parte fala do processo de visão e de percepção seguido dos conceitos envolvidos no conforto visual na **quinta** parte. As duas últimas partes fazem referência aos diferentes tipos de avaliação do ofuscamento.

### 2.1 A LUZ

A luz é uma manifestação da energia assim como o som e o calor. Esta manifestação é visual e está relacionada com as sensações humanas, sendo através delas que obtemos as primeiras informações dos ambientes. O termo “luz”, segundo a IESNA (2000), é definido como a energia radiante que estimula o sistema olho-cérebro gerando uma resposta visual (Ver *Item 2.4 VISAO E PERCEPÇÃO*).

Para atingir a correta relação entre o projeto arquitetônico, o projeto de iluminação e o bem-estar humano, deve ser conhecido o fenômeno como tal. A fotometria refere-se ao ramo da ótica que se preocupa com a medição da luz, estudando o balanço de energia nos processos de emissão, propagação e absorção de radiação (MOORE, 1991). Dentro dos temas que são abrangidos pela fotometria estão as grandezas fotométricas, as leis fundamentais da iluminação e as propriedades óticas dos materiais.

As grandezas fotométricas podem ser classificadas segundo dois critérios independentes: a composição espectral e a distribuição espacial da radiação. A primeira classificação refere-se à distribuição espacial da iluminação em termos de fluxo luminoso, intensidade luminosa, iluminância e luminância. A segunda classificação se refere à medição da luz em termos de frequência (brilho), amplitude (cor) e polaridade (ângulo de vibração) (PEREIRA; SOUZA, 2002).

Outro fator que influencia o comportamento da luz nos espaços interiores diz respeito às características óticas das superfícies: quando o fluxo luminoso atinge uma superfície opaca pode ser refletido ou absorvido; caso a superfície seja translúcida ou

transparente, parte do fluxo é transmitido através do material (MOORE, 1991). A refletância, transmitância, especularidade e difusão são características das superfícies que estão diretamente relacionadas com a luminância, pois qualificam sua capacidade de refletir a luz e verem-se mais ou menos brilhantes, dependendo da textura, da cor e do acabamento (GODOY; FONSECA; VARGAS, 2004).

## **2.2 A LUZ NATURAL E A SAÚDE**

Boa iluminação inclui a outra condição extrema “sem luz”, ou seja, a escuridão nos momentos certos (BOMMEL, 2005).

Assim como outros organismos, os humanos dependem da exposição à luz para a ativação e o equilíbrio das funções fisiológicas do corpo já que muitos dos processos do organismo são levados a cabo em função da luz. Os dois aspectos que mais sobressaem se relacionam com a exposição à intensidade da luz do dia e a exposição aos componentes: ultravioleta (UV) e infravermelho (IR) (BACKER; STEEMERS, 2002). A exposição a estes dois últimos deve ser controlada, pois embora tenham alguns efeitos positivos na saúde, os prejuízos podem ser maiores principalmente nos tecidos ou nos olhos.

### **2.2.1 Ciclos circadianos**

Ao falar do ciclo circadiano, se faz referência ao período de 24 horas sobre o qual se baseia o ritmo biológico do corpo humano e alguns dos seus ritmos psicológicos. O ciclo circadiano é influenciado pela luz solar, afetando, por exemplo: a digestão, o estado de vigília, o crescimento e a renovação de células ou as mudanças na temperatura. Os dois hormônios que reforçam o ciclo circadiano são a melatonina e o cortisol. A melatonina regula os períodos de sono, tendo o maior pico nas horas da noite, o cortisol está relacionado ao nível de atividade e capacidade de atenção da pessoa, tendo o pico nas horas próximas do despertar (MARTAU; SCARAZZATO, 2009).

Embora a importância da variabilidade da intensidade da luz tenha sido demonstrada, ainda não são conhecidos padrões que estabeleçam níveis adequados para o funcionamento do sistema circadiano. Isto ocorre devido ao fato deste sistema ser sensível às exposições claro-escuro dentro das 24 horas do dia (DUMONT e BEAULIEU, 2006 apud MARTAU; SCARAZZATO, 2009).

### 2.2.2 Aspectos psicológicos

Assim como os aspectos fisiológicos, os aspectos psicológicos também são afetados pelas condições da iluminação. As variações de intensidade de luz e a exposição a ela repercutem em disfunções conhecidas como *Seasonally affective disorder*<sup>1</sup> (BACKER; STEEMERS, 2002). O SAD é um tipo de depressão associada ao período do ano, sendo que os transtornos se apresentam mais comumente no verão e no inverno. (BOYCE, 2003).

Pesquisas relacionadas ao tema da influência da luz na saúde têm esclarecido o papel da iluminância nos tratamentos destes distúrbios sendo que, quando a pessoa é exposta a iluminâncias entre 2500lux e 10.000lux por certo período de tempo, alguns dos sintomas causados pela depressão podem diminuir ou desaparecer (ROSENTHAL et al., 1985; KASPER et al., 1989; TERMAN et al., 1989; TAM et al., 1995 apud BOYCE, 2003).

Segundo Boubekri (2008), as pessoas aceitam melhor espaços que têm janelas ou qualquer tipo de aberturas que permitem o acesso da luz natural e o contato com o exterior, já que a variabilidade da luz natural dá um caráter dinâmico e fornece informações do exterior. Outro aspecto que é afetado pelas condições de iluminação se relaciona com a produtividade e o desempenho das pessoas. Neste sentido devem ser consideradas não apenas as exigências visuais que cada tarefa requer, como também a satisfação dos usuários sob determinadas circunstâncias do ambiente luminoso.

## 2.3 A ILUMINAÇÃO NAS ESCOLAS

Arquitetos e ergonomistas têm tido um grande interesse no ambiente de aprendizagem, especialmente no modo como as crianças são afetadas pelas condições de iluminação natural e artificial nas quais estudam (BOUBEKRI, 2008).

Os efeitos visuais das condições de iluminação determinam o desempenho visual das pessoas (BOMMEL, 2005). O desempenho escolar, neste caso, é outra condição afetada pela qualidade e pelo tipo de iluminação. Com relação à iluminação artificial, pesquisas demonstraram a influência que têm alguns tipos de lâmpadas no

---

<sup>1</sup> SAD- Em português Transtorno afetivo sazonal.

comportamento das crianças dentro de salas de aulas que não possuem janelas, sendo que as lâmpadas fluorescentes produzem mais fadiga, irritabilidade, hiperatividade e diminuição da atenção quando comparadas com lâmpadas incandescentes ou de espectro mais completo (OTT, 1973 apud BOUBEKRI, 2008).

Küller e Lindsten (1992) pesquisaram a variação dos níveis de cortisol de 90 crianças localizadas em salas de aula com diferentes configurações de acesso de luz natural e iluminação com lâmpadas fluorescentes. Os resultados mostraram que as crianças localizadas nas salas de aula com pouca ou nula iluminação natural, apresentaram distúrbios na produção deste hormônio, fator que influencia na concentração, no crescimento e no absentismo.

Em termos de avaliação do desempenho acadêmico, as pesquisas realizadas pelo *Heschong Mahone Group* (2002, 2003) apresentaram a relação existente entre a quantidade de luz natural e o rendimento dos alunos, ao serem avaliados com testes padronizados em matemática e leitura. Alguns dos resultados da pesquisa evidenciaram os seguintes fatos:

- Os alunos localizados nas salas de aula que possuíam iluminação natural obtiveram melhores resultados (21%) nos testes aplicados em comparação aos alunos localizados em salas de aula com menos luz natural.

- Os efeitos da luz natural foram os mesmos para qualquer estágio do processo de aprendizagem, demonstrando que os benefícios são os mesmos para qualquer nível.

Além destes resultados, outros fatos evidenciados pelos pesquisadores se relacionam com a associação negativa da luz direta do sol no desempenho dos alunos. Tal situação foi recorrente nas salas de aula que possuíam aberturas zenitais, assim como a preferência de professores por salas com janelas dotadas de sistemas de controle do ingresso de luz e sol, que oferecem visuais interessantes e permitem a ventilação.

Outro estudo que corrobora o obtido pela pesquisa de *Heschong Mahone Group* é o realizado por Nicklas e Baley (1996 apud BOUBEKRI, 2008), onde foram comparadas as avaliações realizadas com alunos de novas escolas iluminadas naturalmente, e com alunos de escolas com iluminação artificial. Os resultados indicaram os efeitos positivos da luz natural no avanço da aprendizagem dos estudantes.



## 2.4 VISAO E PERCEPÇÃO

Visão é a habilidade dos olhos de perceber aquela porção do espectro de radiação que é definido como luz (MOORE, 1991).

A iluminação dos espaços deve proporcionar condições visuais nas quais as pessoas possam desenvolver suas atividades eficaz e confortavelmente (IESNA, 2000). Para entender a relação da visão e as condições de iluminação, deve-se compreender a como se dá o processo de percepção visual.

O sistema visual é um sistema de percepção de imagens. A transformação da luz percebida em atividade neural é realizada por fotorreceptores contidos na retina e, são de dois tipos: os bastonetes e os cones (BACKER; STEEMERS, 2002). Os bastonetes são capazes de detectar luz sob níveis baixos de luminância ( $0,001\text{cd}/\text{m}^2$ ) e fornecem visão monocromática de baixa acuidade chamada “Visão Escotópica”.

Em relação aos cones, existem três tipos e cada um é sensível à luz ou azul ou vermelha ou verde, começando a operar com mais luz que os bastonetes (luminâncias na ordem de  $3\text{cd}/\text{m}^2$ ). Estão localizados na área da retina chamada fóvea e sua alta concentração nesta área faz que esta região seja sensível à cor e ao detalhe, mas pouco sensíveis à luz e ao movimento. Isto se conhece como “Visão Fotópica”. (BACKER; STEEMERS, 2002; IESNA, 2000; PEREIRA; SOUZA, 2002). Na Figura 2 são apresentadas as curvas de sensibilidade espectral do olho humano.

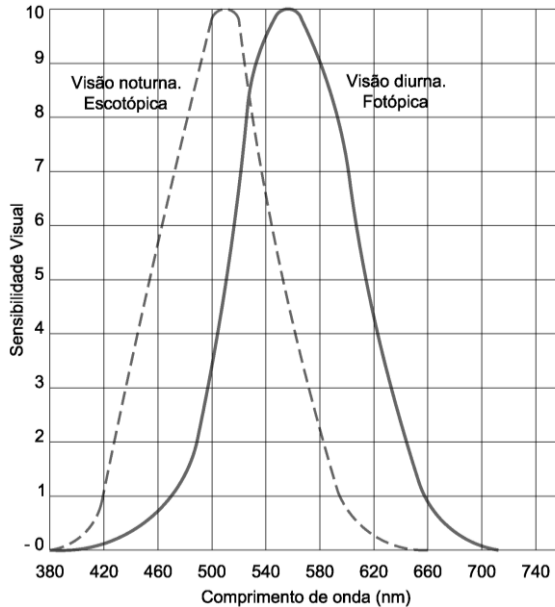


Figura 2: Sensibilidade espectral do olho humano. Fonte: IESNA (2000)

O pico de sensibilidade dos bastonetes corresponde a 507nm, enquanto o dos cones corresponde a 555nm. A primeira informação do processo visual acontece no olho, na retina. O mapa visual resultante é enviado ao cérebro através do nervo óptico em forma de reflexos, como por exemplo, as mudanças nas luminâncias entre as bordas dos objetos e os objetos em si mesmos (BACKER; STEEMERS, 2002). Quando a luminância está ao redor de  $1\text{cd/m}^2$ , os dois tipos de visão se complementam gerando a “Visão Mesópica”.

#### 2.4.1 Estágios do desenvolvimento da visão

Entre os três e os seis anos se desenvolve completamente a visão e todas as capacidades visuais que vão permitir que as crianças iniciem as tarefas relacionadas com a aprendizagem, como a leitura e a escrita. Aos seis anos, termina o desenvolvimento das capacidades visuais e a acuidade visual terá aumentado aproximadamente em até 100%, período a partir do qual começa o processo de maturidade do sistema visual (GIMENO; SERRAT; SOLDEVILLA, 2010). As etapas da evolução da visão desde o nascimento até os seis anos são apresentadas na Tabela 1.

**Tabela 1: Desenvolvimento da visão. Adaptado de Leuder e Rice (2008)**

ESTAGIOS DE DESENVOLVIMENTO DA VISÃO		
RECÉM-NASCIDOS	<p><b>Recém-nascidos não vêem claramente.</b> Pupilas não se dilatam completamente. Retina e macula não estão completamente desenvolvidas. Um pouco de astigmatismo na visão distante. A acuidade está entre 20/200 e 20/400.</p>	<p><b>Recém-nascidos:</b> Enxergam todas as cores exceto azul. Inicialmente respondem ao brilho e altos contrastes. Reconhecem detalhes e padrões.</p>
1 MÊS	<p>Melhora a habilidade para focar objetos próximos (acomodação).</p>	<p><b>Com um mês, eles:</b> Podem seguir um objeto em movimento lento de forma intermitente. Movimentam olhos e cabeça juntos.</p>
2 MESES	<p>Acomodação alcança a maturidade.</p>	<p><b>Aos dois meses, crianças:</b> Focam uma face. Enxergam pessoas na distância. Mudam seu foco entre objetos. Enxergam objetos a 1,82 m. Seguem movimentos verticais melhor do que horizontais.</p>
3 MESES	<p><b>Visualmente focam e procuram.</b> Movimentos dos olhos coordenados. Atenção visual e começam a busca. Começam associar estímulos visuais com eventos.</p>	<p><b>Aos três meses, crianças:</b> Podem seguir um objeto em movimento lento e parar quando o objeto para. Preferem cor amarela e vermelha, branco e preto. Olham para objetos tão pequenos quanto 2,5 centímetros de diâmetro. Começam associar objetos com estímulos.</p>
3 A 6 MESES	<p><b>Desenvolvimento completo da retina.</b> Acomodação dos olhos para objetos próximos e distantes. Começam a desenvolver a percepção da profundidade. Com cerca de 4 meses a acuidade está entre 20/200 e 20/300. Com cerca de 5 meses, os olhos podem convergir.</p>	<p><b>Crianças desta idade:</b> Discernem detalhes nítidos. Desenvolvem o interesse no uso das suas mãos. Olham para outros bebês e espelhos. Mostram interesse em vistas singulares. Reconhecem e respondem a rostos familiares.</p>
4 A 5 MESES	<p><b>Continua em desenvolvimento a percepção da profundidade e distância.</b></p>	<p><b>Aos quatro meses, crianças seguem objetos com seus olhos.</b> <b>Ao redor dos 5 meses:</b> Começam a exploração visual. Estudam objetos com a visão próxima.</p>
6 MESES	<p><b>Continua em desenvolvimento a percepção da profundidade e distância.</b> Olhos são 2/3 do tamanho de um adulto. Acuidade é 20/200 ou maior. Começa a visão binocular. Os movimentos dos olhos estão coordenados para visão próxima e distante.</p>	<p><b>Estas crianças podem:</b> Reconhecer rostos a 1,82 m de distância. <b>Entre seis e nove meses:</b> Começa a transferência de mão a mão. <b>Entre 9 e 12 meses:</b> Vão procurar objetos depois de ser ocultados.</p>
1 ANO	<p><b>Acomodação e foco:</b> Acuidade visual é quase 20/50. Maturidade na percepção da profundidade.</p>	<p><b>Nesta idade, podem:</b> Selecionar formas simples. Faixa visual de 180° de arco. Praticam coordenação entre olho e mão, olho e movimentos do corpo por agarrando, alcançando e colocando.</p>
2 A 5 ANOS	<p><b>Com cerca de dois anos:</b> Mielinização do nervo ótico é completa Acuidade visual está entre 20/20 (normal) e 20/30. Se podem orientar verticalmente. <b>Ao redor dos três anos a retina alcança a maturidade.</b> <b>Entre os dois e quatro anos a espessura da córnea chega à maturidade.</b></p>	<p><b>Pré-escolares podem:</b> Praticar a coordenação olho-mão desenhando e estudando imagens. Imitar. Combinar cores e formas. Associar nomes com objetos. <b>Ao redor dos três anos:</b> Usam a memória visual para jogos e desenhar formas simples.</p>

## 2.4.2 Campo visual

O campo visual é a porção de espaço, medida em graus, que se percebe mantendo fixos cabeça e olhos. Quando se refere a um olho só se chama “visão monocular”. Quando um objeto é contemplado com os dois olhos, os respectivos campos de visão se sobrepõem e o campo central resulta maior que o correspondente a cada um por separado. Este campo central se denomina “campo binocular.” O campo visual muda tanto pelo movimento dos olhos como pelo movimento da cabeça, para aumentar a capacidade da visão. Segundo Panero e Zelnik (2006), a antropometria pesquisa o tema da visão desde a comparação da altura dos olhos de indivíduos altos e baixos, de homens e mulheres, amplitude do campo visual, zonas de visão confortáveis e grau em que o movimento da cabeça e o giro do olho aumentam a capacidade de visão. Os movimentos da cabeça no plano horizontal se denominam “rotação de pescoço” e alcançam, à direita e a esquerda, um ângulo de 55°. No plano vertical, os movimentos se denominam “flexão de pescoço” e variam de 0° a 30° em cada direção<sup>2</sup>. Na Figura 3 é apresentado o campo visual em função do movimento horizontal dos olhos. No plano vertical, a linha de visão padrão corresponde a 0°, mas realmente está abaixo e muda segundo o indivíduo: 10° se está em pé ou 15° caso se encontre sentado. (PANERO; ZELNIK, 2006).

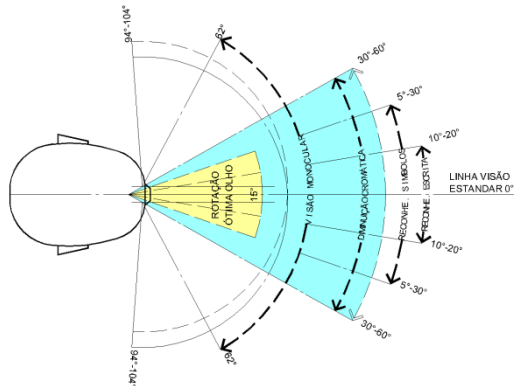


Figura 3: Campo visual no plano horizontal. Fonte: Panero e Zelnick (2006)

<sup>2</sup> Em antropometria, as dimensões tomadas para baixo se definem como “ventral” e para cima, na direção das costas, “dorsal”.

O campo de visão binocular está delimitado por um ângulo sólido de aproximadamente 120° a 140° e pode ser dividido em três zonas (Figura 4) com diferentes características: a visão central, o ergorama e o panorama.

No centro e delimitado por um ângulo sólido de 1° se encontra a área de visão central que fornece a maior acuidade visual. A segunda zona chamada de ergorama está delimitada por um ângulo sólido de 60°, permitindo a percepção da profundidade e a discriminação cromática. Esta zona abrange uma porção do espaço que contém os objetos necessários para desenvolver uma tarefa.

Finalmente o panorama é a zona que completa o campo visual. Nesta zona os objetos são dificilmente identificáveis se não estão em movimento (BACKER; STEEMERS, 2002; PANERO; ZELNIK, 2006).

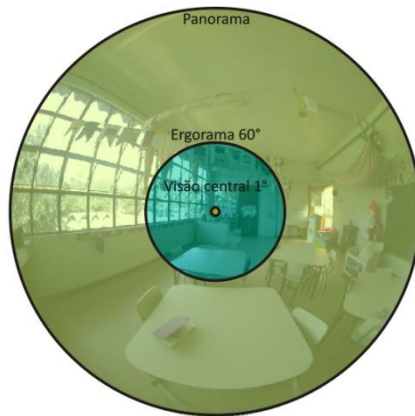


Figura 4: Zonas do campo visual

### 2.4.3 Adaptação visual

Para que o sistema visual consiga funcionar bem, deve-se adequar às diferentes condições de iluminâncias. Este processo é chamado de adaptação e permite que os olhos se ajustem a estas diferenças (Figura 5). Segundo a IESNA (2000) a adaptação envolve três processos distintos:

- Mudança no tamanho da pupila: a resposta média do olho com a dilatação ou contração da íris regula a quantidade de luz da retina;

- Adaptação neural: alterando a sensibilidade produzida pelas interações sinápticas do sistema visual quando ocorre uma mudança na iluminação;
- Adaptação fotoquímica: a resposta da retina regula a produção de substâncias fotoquímicas para aumentar ou diminuir a sensibilidade à luz.

As mudanças perceptíveis na luminância abrangem três ou quatro ordens de magnitude entre dois limites: o limite inferior por baixo do qual nenhuma sensação luminosa é experimentada, e o limite superior por acima do qual a sensação de ofuscamento acontecerá. (BACKER; STEEMERS, 2002).

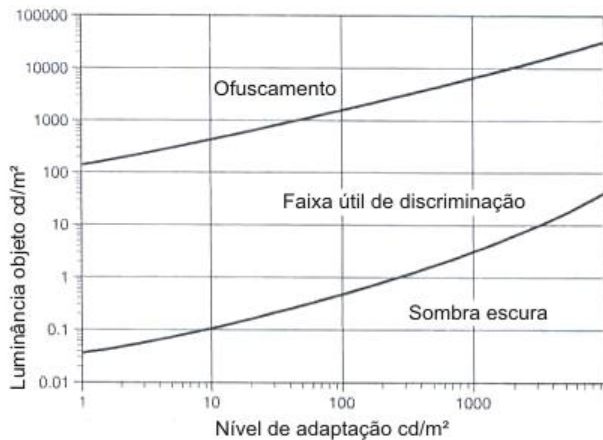


Figura 5: Nível de adaptação visual vs. Luminância do objeto.  
Fonte: Backer e Steemers (2002)

Dependendo da luminância média do campo visual, um objeto que conserve a mesma luminância em duas cenas luminosas diferentes pode ser percebido como mais ou menos brilhante. Contudo, o tempo de adaptação dos olhos quando a luminância do campo visual diminui é de aproximadamente 30 minutos para a adaptação total e uso da visão escotópica. Este tempo de adaptação diminui para 2 a 3 minutos quando se passa de uma cena mais escura a uma mais luminosa (BACKER; STEEMERS, 2002; PANERO; ZELNIK, 2006).

## 2.5 CONFORTO VISUAL

Neste tópico serão apresentadas algumas das qualidades da iluminação que afetam a sensação de conforto visual.

### 2.5.1 Uniformidade e Diversidade

O “*Code for Interior Lighting*” da CIBSE (1994) sugere dois índices para avaliar as características do ambiente luminoso que relacionam múltiplas variáveis como o nível de iluminação, as características das superfícies e o plano de trabalho, entre outras, e que afetam o desempenho das tarefas visuais e o conforto. Estes dois índices são a uniformidade e a diversidade.

Uniformidade é a razão entre a iluminância mínima (ou luminância) e a iluminância média (ou luminância) sobre determinada superfície. Os valores dessa razão aplicam-se usualmente à área da tarefa ou plano de trabalho (CIBSE, 1994).

Embora nem todas as tarefas demandem a mesma área ou a mesma superfície de trabalho, é recomendável que tal razão não seja menor do que 0,8 sendo que os valores próximos a 1 caracterizam uma distribuição mais uniforme.

A diversidade é a razão entre o valor máximo da iluminância (ou luminância) e o valor mínimo em qualquer ponto da área de trabalho e não deve exceder a relação 5:1 (CIBSE, 1994).

Enquanto estes dois conceitos são comumente aplicados na avaliação da iluminação artificial o *Daylight Factor* (DF) permite avaliar a variação da luz natural do plano de trabalho em um espaço, sendo horizontal ou vertical.

O DF é a razão entre a iluminância interior e a exterior sob céu encoberto e sem obstruções, expresso em percentagem, e permanece constante, independentemente das mudanças na luminância total do céu (MOORE, 1991).

O método que permite fazer a avaliação da distribuição das iluminâncias faz uso das linhas isolux. A uniformidade da iluminação natural de um espaço depende da geometria do ambiente e das aberturas (forma, posição, altura do peitoril e do pé-direito), das

características óticas das superfícies interiores, do sistema de envidraçamento e das obstruções externas.

### 2.5.2 Contraste

Em termos subjetivos, o contraste faz referência à diferença na aparência de duas partes do campo visual, vistas simultaneamente. Essa diferença pode ser do brilho, da cor ou de ambas. Em termos objetivos, ele expressa a diferença da luminância entre duas partes do campo visual. (MOORE, 1991). As Equações Eq. 1, Eq. 2 e Eq. 3 se referem às expressões matemáticas para o cálculo do contraste.

$$C = \frac{|L_{\text{objeto}} - L_{\text{fundo}}|}{L_{\text{fundo}}} \quad \text{Eq. 1}$$

Desta equação resultam contrastes que variam de 0 a 1, quando o objeto é mais escuro que o entorno ou fundo, e de 0 a infinito, quando o objeto é mais luminoso que o fundo. Esta equação é mais usada na primeira situação. (IESNA, 2000).

$$C = \frac{(L_{\text{maior}} - L_{\text{menor}})}{L_{\text{maior}}} \quad \text{Eq. 2}$$

Os valores obtidos com a Eq. 2, variam entre 0 e 1, independente da luminosidade do objeto ou do fundo. É usada, geralmente, quando não é possível diferenciar claramente cada um deles. (IESNA, 2000).

A Eq. 3 define o que é conhecido como modulação, apresentando outra maneira de determinar o contraste das figuras e seus respectivos fundos.

$$C = \frac{L_{\text{máx}} - L_{\text{min}}}{L_{\text{máx}} + L_{\text{min}}} \quad \text{Eq. 3}$$

O contraste depende do nível de iluminação e das características de reflexão dos elementos envolvidos. Como a percepção é relativa, o contraste também, pelo que um objeto pode parecer mais ou menos brilhante dependendo do brilho do seu entorno. (IESNA, 2000).

### 2.5.3 Brilho aparente

Este termo é empregado para indicar o efeito subjetivo da quantidade física do brilho (luminância) de um objeto. (HOPKINSON;



PETHERBRIDGE; LONGMORE, 1966). Segundo Backer e Steemers (2002), embora a luminância, o nível de adaptação e a sensação subjetiva tenham sido relacionados, ainda existem debates principalmente pelas diferenças dos processos experimentais dos pesquisadores.

#### 2.5.4 Constância luminosa

Segundo Moore (1991), a constância consiste na tendência visual para perceber os ambientes como são conhecidos. A experiência dos indivíduos reforça este fato. Por exemplo, quando a localização das fontes de luz é conhecida, o cérebro é capaz de avaliar o padrão da distribuição das iluminâncias existentes (MOORE, 1991; BACKER; STEEMERS, 2002).

#### 2.5.5 Níveis de iluminação

Como já foi exposto, tanto a qualidade quanto a quantidade da iluminação afetam a percepção e as respostas emocionais e psicológicas das pessoas. A boa qualidade da iluminação pode melhorar o desempenho e o bem estar dos indivíduos, fato que não ocorre quando as condições de iluminação são pobres. Neste sentido, o principal propósito da iluminação é auxiliar as necessidades visuais das pessoas e destacar as qualidades da arquitetura (IESNA, 2000), como se apresenta na Figura 6.

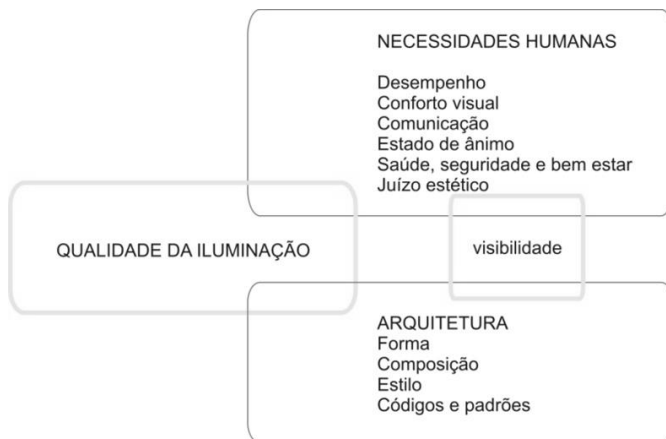


Figura 6: Integração das necessidades humanas, arquitetura e qualidade da iluminação. Adaptado do IESNA (2000)

Geralmente, as condições de iluminação de um espaço são avaliadas pela quantidade de fluxo luminoso por unidade de área incidente na superfície na qual se desenvolve uma tarefa específica. As medições da iluminância são importantes, pois esta influencia três aspectos importantes: o desempenho da tarefa, a satisfação e a aparência do ambiente (CIBSE, 1994).

Existem alguns parâmetros, em termos de normas, para regular estes níveis segundo o uso do espaço. A IESNA estabeleceu procedimentos para que no projeto de iluminação sejam selecionadas iluminâncias baseando-se não só no espaço e no ocupante, como também considerando as características das tarefas e dos trabalhadores. (IESNA, 2000). O “*Code for Interior Lighting*” da CIBSE (1994) apresenta recomendações tanto para ambientes iluminados naturalmente como para ambientes iluminados artificialmente, fazendo a discriminação geral das zonas dos edifícios, do tipo de edifício e das exigências das tarefas em cada uma dessas zonas.

No Brasil a NBR 15215 estabelece e descreve procedimentos para o cálculo estimativo da disponibilidade da luz natural em um plano externo e os níveis de iluminação em um plano interno, assim como a prescrição de métodos para a verificação experimental das iluminâncias e luminâncias em ambientes internos.

Embora o sistema visual humano possa ser pouco sensível a grandes diferenças de luminância no total do campo visual e ser muito sensível a pequenas diferenças de luminância na região fóvea (WYMELENBERG; INANICI; JOHNSON, 2010), o balanço entre a luminância da tarefa, o entorno imediato e o fundo da cena visual, têm sido questão de pesquisa já que esta relação também afeta a velocidade para desenvolver determinada tarefa (MOORE, 1991; IESNA, 2000). Na Tabela 2 são apresentados os limites de contraste recomendados entre diferentes componentes do campo visual.

**Tabela 2: Faixas limites do brilho aparente entre os elementos do campo visual.**  
**Fonte: Moore (1991)**

3 para 1	Entre a tarefa e o entorno adjacente
10 para 1	Entre a tarefa e as superfícies mais escuras e afastadas
1/10 para 1	Entre a tarefa e as superfícies mais claras e afastadas
20 para 1	Entre as aberturas ou luminárias e as superfícies adjacentes
40 para 1	Qualquer lugar do campo visual

## Níveis de iluminação nas salas de aula

Como qualquer outro tipo de ambiente, para os ambientes escolares existem recomendações e normas que pretendem garantir os níveis adequados para este tipo de espaços e de usuários, como professores e alunos. Como são expostas em *“The Lighting Handbook”* da IESNA (2000), as características dos edifícios educacionais estão em câmbio contínuo e as oportunidades para melhorar a iluminação e aproveitar a luz natural, são crescentes.

A iluminância horizontal uniforme em toda a infraestrutura educacional não garante, necessariamente, altos níveis de desempenho visual por causa da grande variedade de tarefas visuais (...) desenvolvidas em uma escola. As tarefas visuais se tornam mais variadas com a passagem dos estudantes pelos diferentes estágios do ensino fundamental até o ensino médio para a faculdade (IESNA, 2000).

Pelo fato de não haver uma atividade singular nestes espaços, a iluminância adequada pode ser determinada em relação à tarefa visual de maior exigência, desenvolvida na maior parte do tempo em que o espaço é usado. Segundo a IESNA (2000) as luminâncias entre as superfícies não devem ser muito diferentes em relação à luminância da tarefa visual (Tabela 2). A refletância das superfícies também deve ser considerada, sendo recomendados pela IESNA (2000) os valores apresentados na Figura 7.

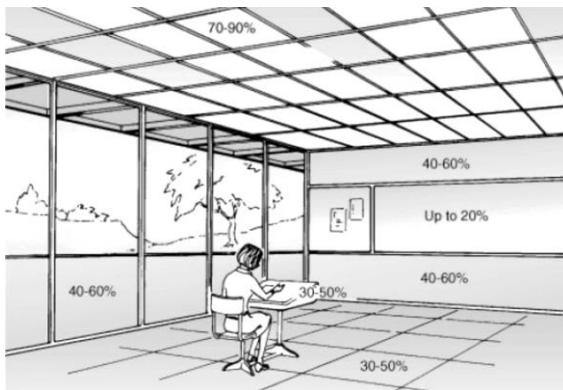


Figura 7: Refletâncias recomendadas das superfícies e móveis de salas de aula.

Fonte: IESNA (2000)

As reflexões de educadores, arquitetos e engenheiros acerca dos espaços para o ensino de crianças entre 0 e 6 anos foram publicadas pelo MEC no documento “Parâmetros Básicos de Infra-estrutura para Instituições de Educação Infantil” (MEC, 2006), onde é destacada a importância da iluminação natural para o conforto visual, pelo qual deve ser incluída no projeto arquitetônico.

Em termos de normativa, para iluminação artificial, a NBR 5413 estabelece os valores de iluminâncias médias mínimas para as áreas mais representativas dos edifícios de ensino, além de outras atividades.

### **2.5.6 Conforto visual em crianças**

O conforto visual nas crianças é um assunto que vai além do simples fato de enxergar. A maioria das crianças aceita as condições de iluminação sem discriminação do espaço ou das atividades que estão desenvolvendo, por não terem consciência de que é necessário melhorar as características do seu ambiente luminoso ou não saberem como fazê-lo.

Como já foi apresentado na Tabela 1, o desenvolvimento da visão se dá nos primeiros anos de vida quando começa a etapa de instrução escolar. Os efeitos das condições adequadas de iluminação nesta fase vão ser positivos ou negativos no desempenho visual bem como na saúde visual. (LEUDER; RICE, 2008).

## **2.6 PREFERÊNCIAS DOS USUÁRIOS**

### **2.6.1 Contato com o exterior**

Boa iluminação é apenas um dos critérios envolvidos no desenho das aberturas, especificamente das janelas. Segundo Tregenza e Loe (1998), as pessoas têm preferências por ambientes luminosos e que possuem janelas sobre aqueles ambientes que, embora garantam níveis adequados de iluminação para desenvolver uma tarefa, não possuem contato com o exterior. Estes dois fatores levam a escolher, na maioria dos casos, espaços com aberturas mesmo que estejam cobertas com cortinas.

Além das razões relacionadas com o estado de ânimo para preferir espaços iluminados naturalmente, as janelas que permitem o contato com o exterior são preferidas sobre aquelas que só cumprem funções de regulação das características ambientais dos recintos.

Existem dois parâmetros para preferir uma janela a outra: pelo controle, em termos de segurança, do que acontece no exterior ou por permitir o relaxamento ao oferecer visuais prazerosas. Diversas pesquisas, como a realizada por Tuaycharoen e Tregenza (2005) para avaliar as preferências sobre visuais externas, encontraram os seguintes resultados:

- as pessoas preferem visuais de cenas naturais ao invés de ambientes construídos;
- preferência por visuais que contêm movimento;
- cenas que possuem diversos planos (perto e longe) e diversas zonas da paisagem exterior.

Embora as visuais mudem cada vez que as pessoas se deslocam pelo espaço, os resultados de algumas pesquisas sugerem que em um determinado espaço existem fatores específicos, como a posição ou a atividade, que definem a melhor localização e o melhor formato das aberturas. (TREGENZA; LOE, 1998).

Nos estudos dirigidos pelo *Heschong Mahone Group* (2003) para a “*California Energy Commission*” foram coletadas informações acerca das características das janelas nas salas de aula. Algumas destas características foram: a orientação, o tamanho, a localização, o tipo de vidro, a operabilidade, a presença de cortinas e as visuais; sendo a importância das vistas a característica de maior interesse. Os resultados demonstraram a influência desta característica no desempenho escolar dos estudantes e corroboraram os estudos relacionados com a influência da luz na saúde, destacando a importância das aberturas no bem-estar e na melhoria da aprendizagem infantil.

### **2.6.2 Luz solar nos espaços interiores**

Ne’eman e Hopkinson (1975) realizaram um estudo acerca das necessidades das pessoas e as condições de luz solar nos prédios, tendo por objetivo expor algumas recomendações sobre a admissão dos raios solares dentro dos espaços. Segundo Ne’eman (1974), em países em que há pouca disponibilidade da luz do sol, as pessoas em algumas ocasiões toleram situações menos confortáveis só para desfrutar dos benefícios do sol.

O estudo foi focado em quatro tipos de prédios: escolas, escritórios, hospitais e vivendas, todos localizados no Reino Unido. Um

dos resultados da pesquisa mostrou que a experiência visual das pessoas quando há presença de manchas de sol no espaço interior produz sentimentos de bem-estar. Além do anterior, os pesquisadores concluíram que o principal critério para apreciar a luz solar no interior do espaço é o tempo de duração da radiação e não o tamanho da mancha de sol, no entanto, a localização da superfície que recebe a luz do sol, em relação à pessoa e a direção da visão é de grande importância (NE'EMAN; HOPKINSON, 1975).

Para conhecer as percepções dos usuários de cada espaço, os pesquisadores aplicaram questionários nos quais a avaliação da apreciação da luz solar no interior foi dividida em duas opções: desejável e indesejável. O efeito desejável incluiu a qualidade da luz, melhor aparência do interior, calidez e efeitos terapêuticos, enquanto os efeitos indesejáveis consideraram desvanecimentos dos acabamentos e desconforto térmico e visual.

Um dos resultados dos questionários revelou que, mesmo conhecendo os benefícios que traz a luz solar controlada, a maioria das pessoas que participaram na pesquisa preferiu ter uma boa condição da visão à luz solar direta dentro do espaço interior, contradizendo outra questão, na qual a maioria dos participantes encontrava prazeroso o sol no interior (NE'EMAN, 1974). Outra das constatações fornecida pelos questionários foi que, as pessoas que permanecem a maior parte do tempo em espaços cujo posto de trabalho é fixo e com a direção da visão limitada, duvidam sobre a penetração solar em algumas situações (NE'EMAN; HOPKINSON, 1975). Os autores apontam a uma série de recomendações que fazem referência ao uso e atividade, posição e direção da visão, baseando-se na condição de luz solar avaliada e não nas possíveis situações, considerando as preferências dos usuários sobre o tempo e localização da luz solar.

Por outro lado, na pesquisa de Wymelenberg, Inanici e Johnson (2010) foi avaliado, por 12 pessoas, um espaço destinado a escritório. Este espaço permitia que as condições de iluminação natural fossem modificadas segundo a manipulação de uma persiana, com o qual cada ocupante era capaz de criar duas condições: uma de "Preferência" e outra "Pouco Perturbadora". A Figura 8 (pág. 40) apresenta um exemplo destas duas condições, criadas por um dos participantes da pesquisa em questão.



Cena de Preferência



Cena Pouco Perturbadora

Figura 8: Exemplo dos dois ambientes luminosos escolhidos por um participante da pesquisa. Fonte: Wymelenberg, Inanici e Johnson (2010).

Em 11 dos 12 casos estabelecidos como de “Preferência”, os participantes permitiam alguma quantidade de luz solar direta dentro do espaço do escritório, situação contrária para a situação “Pouco Perturbadora”, que em todos os casos possuía radiação solar direta na área da tarefa. Esta observação sugere que a cuidadosa localização da superfície ensolarada dentro do espaço, quando as condições de céu o permitem, incrementaria a sensação de bem estar das pessoas no interior (WYMELENBERG; INANICI; JOHNSON, 2010).

## 2.7 OFUSCAMENTO

O ofuscamento é, segundo a IESNA (2000), a sensação produzida por luminâncias no campo visual que são suficientemente maiores do que a luminância à qual os olhos estão adaptados. Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1966) assinalam que, embora o brilho seja um dos fatores que mais aperfeiçoe a visão, quando é muito intenso pode diminuir a acuidade visual<sup>3</sup> e a sensibilidade ao contraste<sup>4</sup>. Neste sentido os autores apontam que se vê melhor um objeto quando é o centro de atenção, se é o mais brilhante do campo visual, e a tarefa visual é atrapalhada quando os demais objetos da cena possuem mais brilho do que ela.

---

<sup>3</sup> Acuidade visual, segundo Moore (1991), é a capacidade do observador para distinguir detalhes. Ela pode ser mensurada por gráficos ópticos. Até certo ponto, a acuidade visual aumenta enquanto a iluminância da tarefa aumenta.

<sup>4</sup> A sensibilidade ao contraste é a habilidade do olho para distinguir diferenças nas luminâncias e é também uma função da iluminância da tarefa. (MOORE, 1991).

Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1966) indicam que o ofuscamento pode ser ocasionado por contraste ou por saturação. O primeiro efeito é gerado quando o contraste da cena com relação ao objeto ou tarefa é de 10:1, enquanto o segundo acontece quando a luminância média da cena excede 25.000cd/m<sup>2</sup>. Os efeitos do ofuscamento sobre o observador permitem que seja classificado em dois tipos: desabilitador ou perturbador.

### **2.7.1 Ofuscamento desabilitador**

Este tipo de ofuscamento é o resultado de áreas no campo visual que possuem tal brilho que causam o espalhamento da luz pelo cristalino, saturando a retina e gerando um efeito de véu (MOORE, 1991). Este efeito produz brilho por reflexões, quando a superfície da tarefa é especular e reduz a visibilidade.

### **2.7.2 Ofuscamento perturbador**

Este acontece quando o brilho atrapalha sem interferir na visibilidade ou desempenho visual, comumente é gerado pela existência de fontes de luz ou reflexos no campo visual. Estas fontes podem não ser em si mesmas muito desconfortáveis, mas devido ao fato de serem vistas em ambientes mais escuros geram tal desconforto. Para avaliar desconforto por ofuscamento, gerado tanto por fontes artificiais quanto por fontes de iluminação natural, são usados índices que permitem quantificar essa sensação (MOORE, 1991; HOPKINSON, PETHERBRIDGE; LONGMORE, 1966; TREGENZA; LOE, 1998). No *Item* 2.8.2 serão apresentados os índices mais usados.

## **2.8 AVALIAÇÃO DO OFUSCAMENTO**

A magnitude do desconforto pelo ofuscamento depende basicamente de quatro fatores: a luminância da fonte, a luminância do fundo, o tamanho da fonte medido em ângulo sólido e a posição da fonte com relação à direção da visão caracterizada pelo *Position Index*.



### 2.8.1 Position Index

O *Position Index (PI)* expressa a variação na sensação de desconforto por ofuscamento, relativa ao deslocamento angular da fonte com relação à linha de visão. A expressão matemática empregada para o cálculo do *PI*, quando a fonte situa-se acima da linha de visão (IESNA, 2000), é apresentada na Eq.4:

$$P = \exp[(35,2 - 0,31889\alpha - 1,22e^{-2\alpha/9})10^{-3}\beta + (21 + 0,26667\alpha - 0,002963\alpha^2)10^{-5}\beta^2] \quad \text{Eq. 4}$$

Para o cálculo do *PI* quando a fonte situa-se abaixo da linha de visão (WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006), é usada a expressão:

$$P = 1 + 0,8 * \frac{R}{D} \{R < 0,6D\} \quad P = 1 + 1,2 * \frac{R}{D} \{R > 0,6D\} \quad R = \sqrt{H^2 + Y^2} \quad \text{Eq. 5}$$

Onde

$\alpha$  é o ângulo desde a vertical do plano que contém a fonte até a linha de visão

$\beta$  é o ângulo entre a linha de visão e a linha desde o observador até a fonte

$D$  é a distância entre o olho e o plano que contém a fonte, na direção da visão

$H$  é a distância vertical entre a fonte e a direção da visão

$Y$  é a distância horizontal entre a fonte e a direção da visão

Na sua pesquisa, Wienold e Christoffersen (2006) usaram *High Dynamic Range Imaging (HDRI)*<sup>5</sup>, para analisar a influência da distribuição das luminâncias no ofuscamento. A aplicação das duas equações, em uma vista de 180°, é apresentada na Figura 9 (pág.45) e foram implementadas na *Evalglare*<sup>6</sup> para o cálculo do *Position Index*.

Iwata e Tokura (IWATA; TOKURA, 1997 apud WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006) no seu estudo apontaram que, abaixo da linha de visão a sensibilidade para identificar fontes de ofuscamento é maior, pelo que o valor do *PI* é menor, enquanto, acima da linha de visão a sensibilidade ao ofuscamento é menor, permitindo que os valores do *PI* sejam maiores.

---

<sup>5</sup> Imagens de mapeamento dinâmico

<sup>6</sup> Ferramenta para o cálculo da luminância média da cena, o ângulo sólido e a posição de cada fonte de ofuscamento (Wienold; Christoffersen, 2006).

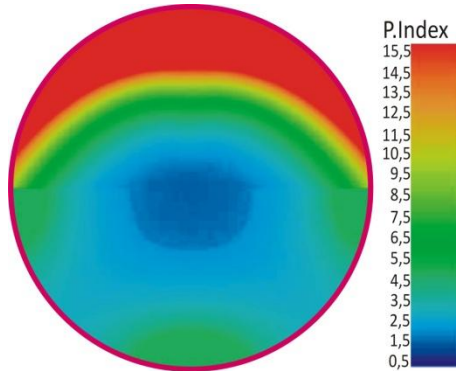


Figura 9: Expressão gráfica do cálculo do Position Index.  
 Fonte: Wienold e Christoffersen (2006)

Um dos resultados da pesquisa de Eble-Hankins e Waters (2009), na qual foi estudada a influência da posição da fonte no campo visual para determinar a sensação de desconforto por ofuscamento, confirmou que quando a localização da fonte é acima da linha de visão, a sensação subjetiva do ofuscamento diminui.

### 2.8.2 Índices para determinar o ofuscamento

Alguns dos índices mais usados para avaliar este tipo de desconforto são:

**BRS ou BGI Glare Index**, Desenvolvida por Hopkinson e Petherbridge (HOPKINSON; PETHERBRIDGE; LONGMORE, 1966), esta equação está limitada à avaliação para fontes pequenas, com ângulos sólidos entre 0,01sr e 0,027sr (CHOUVEL et al., 1982; WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006).

$$BRS = 10 \cdot \log_{10} 0,478 \sum_{i=1}^n \left( \frac{L_s^{1,6} \cdot \omega_s^{0,8}}{L_b \cdot \Omega^{1,6}} \right) \quad \text{Eq. 6}$$

**Daylight Glare Index- DGI**, conhecida como a equação de Cornell, é uma modificação da *BRS Glare Equation* (CHOUVEL et al., 1982; WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006), adaptada para avaliar ofuscamento gerado por janelas.

$$DGI = 10 \cdot \log_{10} 0,478 \left( \frac{L_s^{1,6} \cdot \Omega^{0,8}}{L_b + (0,07 \omega^{0,5} L_s)} \right) \quad \text{Eq. 7}$$

**CGI Glare Index**, usado para avaliar o desconforto causado por varias fontes (WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006).

$$CGI=8.\log_{10}2 \frac{[1+(E_d/500)]}{E_d+E_i} \sum_{i=1}^n \frac{L_s^2.\omega_s}{\Omega^2} \quad \text{Eq. 8}$$

**Unified Glare Rating- UGR** é a equação proposta pela CIE, que incorpora o *Position Index*, além de combinar aspectos da CGI e BRS para avaliar o desconforto por sistemas de iluminação artificial. (WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006).

$$UGR=8.\log_{10} \frac{0,25}{L_b} \sum_{i=1}^n \frac{L_s^2.\omega_s}{\Omega^2} \quad \text{Eq. 9}$$

Onde para todas as equações

**n** é o numero de fontes

**L<sub>b</sub>** é a Luminância do fundo (cd/m<sup>2</sup>)

**L<sub>s</sub>** é a Luminância média da fonte (cd/m<sup>2</sup>)

**E<sub>d</sub>** é a Iluminância vertical direta no olho de todas as fontes (lux)

**E<sub>i</sub>** é a Iluminância indireta no olho (E<sub>i</sub>=πL<sub>b</sub>) (lux)

**Ω** é o ângulo sólido subtendido da fonte, modificado pela sua posição no campo visual por meio do *Position Index* (sr)

**ω** é o ângulo sólido subtendido entre o olho e a fonte (sr)

Dependendo do tipo de fonte, deve ser usada a equação correspondente. Segundo Backer e Steemers (2002), existem algumas pesquisas que demonstram maior tolerância das pessoas quando vêem o céu através de uma janela comparado com um sistema de iluminação artificial com o mesmo valor do *Glare Index*. Iwata et al. (1992) comprovaram boa correlação entre *DGI* e *UGR* com o *GSV* (*Glare Sensation Vote*), principalmente para a visão central. A Tabela 3 apresenta os valores para o *DGI* e o *UGR* e sua correspondência com o *GSV*, com o qual é possível conhecer a sensação de desconforto ocasionado por uma fonte.

**Tabela 3: Comparação entre valores do DGI e UGR. Relação com o GSV. Fonte: Iwata et al.(1992); Backer e Steemers (2002); Tuaycharoen e Tregenza (2007)**

	GSV	DGI	UGR
Imperceptível	0	16-18	10
Aceitável	1	20	
Limite conforto-desconforto	1.5	22	
Desconfortável	2	24-26	22
Intolerável	3	28	28

### 2.8.3 Avaliações por simulação computacional

Nazzal (2005) considerou que o desconforto por ofuscamento pode ser predito matematicamente baseando-se na equação do *DGI*. Para avaliar o desconforto gerado por luz solar direta, através de qualquer tipo de abertura disposta em um plano vertical, propôs um método de avaliação e uma alteração a tal equação, considerando a luminância da janela, a adaptação à luminância do ambiente e a luminância exterior. O método foi desenvolvido com o intuito de que arquitetos e designers de iluminação adotem-no na avaliação do desempenho dos sistemas de iluminação natural, e assim melhorar a qualidade do ambiente visual.

A modificação da equação do *DGI* realizada por Tuaycharoen et al. (2007) testou a importância de dois fatores: interesse na visual enxergada e a razão entre a luminância máxima e mínima. Os resultados obtidos demonstraram maior sensibilidade ao interesse na visual e a expressão matemática resultante é expressa pela Eq.10:

$$DGI' = \left( 10 \cdot \log_{10} 0,478 \left( \frac{L_s^{1,6} \cdot \Omega^{0,8}}{L_b + (0,07\omega^{0,5} L_s)} \right) \right) - IV \quad \text{Eq. 10}$$

Onde

IV interesse na cena, sendo **0** nenhum interesse na visual, **1** pouco interesse na visual e **6** muito interesse na visual.

Os valores do *DGI* obtidos com esta equação são menores que os valores obtidos com a equação tradicional, demonstrando que a sensação de conforto visual é afetada por questões estéticas e não só por parâmetros físicos.

Em relação ao campo visual e suas características, o projeto de Inanici e Navvab (2006) consistiu em criar um laboratório virtual para o estudo das condições da iluminação, chamado *Virtual Lighting Laboratory (VLL)*, focando as análises na quantidade, distribuição e direcionalidade da luz, presença de fontes de ofuscamento e qualidade do espectro luminoso. Para testar o *VLL* foram geradas imagens a partir de simulações computacionais em um ambiente de escritório e, definindo três tarefas visuais: leitura na tela do computador, leitura de documentos e olhar através da janela. Essas imagens foram criadas desde diferentes pontos de vista, para conhecer a quantidade de luz no campo visual do observador, assim como as exigências de iluminação de cada uma das tarefas.

A distribuição da luz no campo visual foi analisada pelos pesquisadores por um método simplificado, mediante a comparação do valor médio da luminância com o valor máximo e mínimo da luminância no campo visual, a partir das imagens geradas no dia 21 de dezembro, desde as 09 horas até as 17 horas. As imagens foram decompostas em cada um dos elementos presentes na cena visual (Figura 10), para estabelecer as faixas de luminância em cada um deles e ter uma ideia geral da cena luminosa, o que revelou aos pesquisadores os problemas gerados pelo excesso de luz em algumas situações.

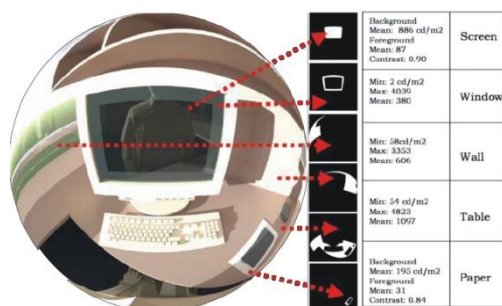


Figura 10: Cena decomposta nos elementos arquitetônicos para análise de luminâncias. Fonte: Inanici e Navvab (2006)

Outra possibilidade de análise do campo visual que permite o *VLL* é a discriminação das regiões do campo visual para ter melhor entendimento do desempenho da visão humana quando desenvolve

diferentes tarefas, identificando as variações da luminância em cada uma destas regiões.

Nas pesquisas mais recentes, a avaliação do ofuscamento tem sido estudada desde a probabilidade de se ofuscar dentro de um espaço, sendo denominado como *Daylight Glare Probability (DGP)*. Wienold (2009) em sua pesquisa afirma que para analisar uma solução de fachada ou a sensação de conforto em um espaço, é necessário avaliar o comportamento dos usuários durante um período de tempo maior e não só sob uma condição específica de iluminação. Para o cálculo dinâmico do ofuscamento o pesquisador se baseou no cálculo simplificado do *DGP* e a iluminância vertical no olho do observador, usando o *software Daysim*, que emprega o coeficiente de luz diurna, e o *software Radiance*, que se baseia em avaliações de usuários para calcular a probabilidade de ofuscamento.

Com o intuito de diminuir o tempo consumido em cada simulação e nas imagens que devem ser geradas para a análise do *DGP*, o autor procurou simplificar este cálculo utilizando a iluminância no olho do observador (WIENOLD; CHRISTOFFERSEN, 2006), sempre que não haja luz solar direta no plano do olho. A estrutura da equação (Ver Eq.11) é dividida em duas partes: a primeira contém a informação da iluminância no olho e a segunda parte os dados da fonte de luz.

$$DGPs=6,22*10^{-5}*E_v+0,184$$

Eq. 11

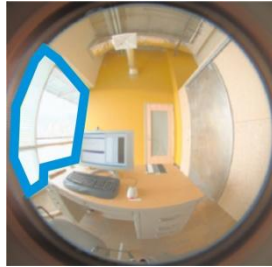
O objetivo da simplificação é obter imagens com as principais fontes de ofuscamento e a distribuição geral das luminâncias dentro do espaço. Baseando-se nas avaliações dos usuários o *Simplified Daylight Glare Probability (DGPs)* sugere faixas de conforto que variam desde imperceptível até intolerável, classificando os espaços em três categorias de acordo com o intervalo de tempo no qual é possível sentir ofuscamento.

Já, Wymelenberg, Inanici e Johnson (2010) estudaram as preferências e aceitabilidade dos padrões de luminância em um ambiente iluminado naturalmente, usando *HDRI* e repetidas medições aperfeiçoando a metodologia. Nessa pesquisa foram explorados métodos para analisar e avaliar a quantidade e distribuição das luminâncias em um espaço de escritório. As medições de iluminância foram realizadas para ter uma referência e comparar com as medições de luminância e as preferências dos ocupantes. Para analisar o limiar

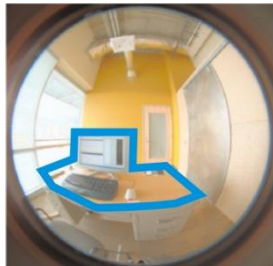
da luminância usaram os métodos apresentados na **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, a seguir:



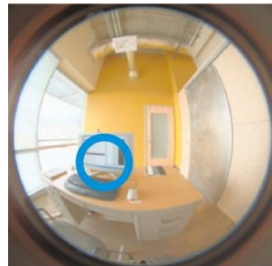
a. luminância média da cena



b. luminância média da fonte



c. luminância média da área da tarefa



d. luminância média da posição da tarefa

Figura 11: Limiares de luminância usados.

Fonte: Wymelenberg, Inanici e Johnson (2010)

Dos testes de avaliação realizados, o mais efetivo foi aquele que considerava a luminância média da fonte (Figura 11, a e b), sendo que este foi identificado como sete vezes a luminância média da posição da tarefa (Figura 11, c e d). Dos resultados da pesquisa de Wymelenberg, Inanici e Johnson (2010) foi mostrado que em todas as cenas de “Preferência” menos de 10% do campo visual possuía luminâncias que excediam  $2000 \text{ cd/m}^2$ .

Os pesquisadores apontam que comparando o *DGP* com o *DGI* o primeiro teve melhor desempenho quando a luminância base era de  $2000 \text{ cd/m}^2$ . Contudo, a melhora no cálculo comparada com o tempo consumido na análise é tão pequena, que não justifica em muitas situações o uso do *DGP* em lugar do *DGI* (WYMELENBERG; INANICI; JOHNSON, 2010). Apesar das conclusões da pesquisa, os autores não esclarecem como foi desenvolvida a parte referente ao *DGP* e as

simulações dinâmicas usadas para este índice, pois os pesquisadores avaliaram uma condição estática e específica, na qual os dados obtidos por medições são os usados no cálculo do *DGI*.

#### **2.8.4 Avaliações subjetivas**

Com o intuito de providenciar um modelo de avaliação subjetiva para o projeto "*Daylight Europe*", Hygge e Löfberg (1997) construíram um roteiro onde estão alguns parâmetros que devem ser considerados ao fazer este tipo de avaliação. Segundo eles, só há duas formas de avaliar a reação dos usuários num determinado ambiente: medindo seu desempenho ou com avaliações pós-ocupação. Igualmente, apresentam questões que devem ser levadas em conta ao desenvolver questionários para avaliar as condições de iluminação, como:

- ao perguntar a alguém pelas condições de iluminação de um espaço sua resposta vai estar influenciada também pelo estado de ânimo;

- as respostas podem ser mais confiáveis quando o ambiente que a pessoa está avaliando faz parte de seus espaços rotineiros, onde teve diferentes experiências da iluminação;

- em espaços novos, as respostas obtidas podem ser influenciadas por uma atitude positiva ou negativa da pessoa.

As pesquisas que avaliam as condições de iluminação de um dado espaço, geralmente envolvem pessoas. Os métodos de avaliação subjetiva desta condição são tão diversos como o número de pesquisas na área. Nesta seção, são apresentadas algumas pesquisas que avaliaram as condições de ofuscamento e conforto, a partir de diferentes parâmetros.

Velds (2002) estudou a relação entre a avaliação subjetiva do ofuscamento e as quantidades físicas mesuradas -luminância, iluminância da janela e iluminância no plano de trabalho- sob condições específicas de iluminação. Para atingir o objetivo da pesquisa, os sujeitos avaliados tiveram que responder a um questionário de julgamento subjetivo do ofuscamento - de acordo com o *GSV*- durante a realização de dois tipos de atividades: em um computador e em uma mesa, enquanto as medições dos parâmetros físicos eram realizadas. Os resultados evidenciaram a diferença que deve ser feita, em termos de conforto visual, ao avaliar uma tarefa em



frente de uma tela e quando o plano de trabalho é horizontal. A diferença de valores obtidos para o *GSV*, entre as duas atividades, não foi significativa, porém a percentagem de pessoas insatisfeitas foi a grande diferença.

Em outra avaliação do ofuscamento, realizada por Kim e Koga (2004), foram conduzidos dois experimentos de sensibilidade visual e ofuscamento a partir da luminância do fundo. Os testes demonstraram para o teste de sensibilidade visual, que o limiar da luminância é determinado principalmente pela luminância do fundo mais próximo (ergorama).

No experimento realizado por Kim et al. (2008) foi avaliada a diferença na sensação visual entre uma janela com conteúdo uniforme do céu e outra com obstáculos. Foram dispostas duas superfícies simulando a visual por uma janela, para avaliar a sensação de desconforto quando a luminância da janela uniforme era igual à luminância média da janela com obstáculos. As avaliações subjetivas dos observadores demonstraram que a sensação de desconforto gerada pela janela com luminância uniforme é maior do que a gerada pela janela não uniforme.

As pesquisas apresentadas realizaram as avaliações em laboratório, por causa da facilidade para controlar o maior número de variáveis.

## 2.9 SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

A nível mundial, dois dos *software* para a análise da iluminação natural mais usados são o *Daysim* e o *Radiance*. Estes *software* permitem avaliar o conforto visual a partir de simulações e de *HDRI*, detectando as possíveis fontes de ofuscamento e calculando a probabilidade de se ofuscar em um espaço iluminado naturalmente, ao longo do ano.

A simulação da iluminação no *Radiance* utiliza técnicas de *raytracing* para calcular valores de radiância, ou seja, a quantidade de luz que passa através de um ponto específico em uma direção específica. O cálculo da radiância espectral (luminância+cor), a irradiância (iluminância+cor) e índices de ofuscamento são realizados a partir de arquivos nos quais estão especificadas as características geométricas da cena, materiais, luminárias, data, hora e condições de céu quando se trabalha com luz natural. Os resultados das simulações

podem ser apresentados como imagens ou dados numéricos (RADIANCE,2011).

O *Daysim* é um programa validado para a análise da luz natural, que utiliza o algoritmo do *Radiance* para calcular as iluminâncias e luminâncias de um ambiente interno no período de um ano (DAYSIM, 2011). Para a análise do ofuscamento Wienold e Christoffersen (2006) desenvolveram a ferramenta *Evalglare*, que calcula a luminância média da cena, o ângulo sólido e a posição de cada fonte de ofuscamento no campo visual. Esta avaliação do ofuscamento se baseia no conceito do *DGP*.

O *Apolux*, desenvolvido no Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (CLARO et al. 2010) é outro *software* que permite avaliar as condições de iluminação natural de um espaço e no qual estão sendo desenvolvidas ferramentas de avaliação do ofuscamento.

### **Apolux**

O programa opera através de dois módulos diferenciados: Fractal e Fóton. O módulo Fractal destina-se à fase de preparação dos modelos, permitindo a realização de operações para que um modelo importado do AutoCAD em formato *.DXF* possa ser processado pelo módulo Fóton (TUTORIAL APOLUX, CLARO et.al., 2003). Para que um modelo possa ser salvo como Projeto, deve necessariamente, sofrer um fracionamento; este consiste na divisão das superfícies em triângulos. Isto se faz necessário para a aplicação da teoria da radiosidade. Quanto maior o fracionamento, mais apurada se torna a resolução, entretanto o tempo de processamento cresce exponencialmente com a quantidade de triângulos.

O módulo Fóton é que realiza o cálculo da iluminação natural para determinado Projeto, de acordo com formulação matemática teórica baseada na teoria da radiosidade. O cálculo apresenta um processo geral que envolve o Projeto, expresso na forma de dados cartesianos e parâmetros físicos, um globo de referência espacial astronômica e uma abóbada celeste calculada. Com o parâmetro de globo definido, calculam-se os Fatores de Forma, estes permitem determinar como certo ponto de uma superfície receptora recebe a luz de uma determinada porção de superfície emissora ou de uma determinada porção da abóbada celeste.

Concluído este processamento, podem-se realizar o cálculo de sucessivas soluções de radiosidade através da variação dos seus parâmetros, definidos como padrões da abóbada, condições de parâmetros geográficos, climáticos e temporais. É no Módulo Fóton onde se realiza o processamento, visualização e análise de diferentes soluções de iluminação.

## **2.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA REVISÃO DA LITERATURA**

A revisão da literatura deste trabalho teve como objetivo apresentar os conceitos teóricos que estão envolvidos nela, assim como algumas das pesquisas realizadas nesta área.

Um dos focos das pesquisas são os efeitos não visuais da boa e correta iluminação, seja natural ou artificial, sendo que desde esta perspectiva o conforto visual não é o objetivo principal a ser estudado e sim um dos assuntos que influencia no bem estar das pessoas.

O segundo aspecto estudado nas pesquisas apresentadas é certamente o conforto visual e as diferentes propostas dos pesquisadores para avaliar o campo visual das pessoas em diferentes condições de iluminação e tarefas desenvolvidas de acordo com um espaço. Neste sentido as avaliações dos usuários vão desde julgamentos subjetivos até simulações computacionais que permitem estimar a probabilidade de que aconteça ofuscamento ao longo de um período de tempo determinado.

Nas pesquisas nas que é avaliado o ofuscamento, se envolve o campo visual da pessoa para ter uma ideia de como é sua cena visual e não só realizar a avaliação se baseando nos valores obtidos pelas respectivas equações. Em alguns destes trabalhos são realizadas as duas avaliações, tendo possibilidade de comparar e complementar as informações obtidas, aparecendo o campo visual como ferramenta e objetivo para estas avaliações, indo além da localização das fontes de ofuscamento, analisando os demais componentes que influenciam na agradável percepção do ambiente visual.

Contudo, nas pesquisas adiantadas até hoje, os principais focos de atenção são os ambientes laborais e escolares, sendo que os sujeitos que realizam as avaliações subjetivas do ambiente visual e luminoso são adultos e, no caso dos ambientes escolares, os trabalhos adiantados apontam à influência da luz no desempenho acadêmico das crianças. Nesse sentido, faltam pesquisas que envolvam as

crianças na avaliação subjetiva do ambiente luminoso de seus espaços cotidianos. Para atingir esta necessidade, é imperioso criar métodos e técnicas de avaliação que permitam aos pesquisadores incluir as crianças neste tipo de avaliações e assim conhecer como pode ser avaliado o conforto visual e a percepção do campo visual, nas fases de desenvolvimento da visão e do processo cognitivo.

### 3. METODOLOGIA

Neste capítulo são descritos os métodos e as técnicas usadas para caracterizar o campo visual.

Os dados são obtidos mediante observação e simulação computacional, fazendo com que a pesquisa seja quantitativa e qualitativa. O método de abordagem, hipotético dedutivo, parte de uma pergunta à qual se oferece uma solução tentativa e teórica que, após de analisada e criticada dará origem a novos problemas e questionamentos.

A caracterização dos campos visuais de crianças de três faixas etárias diferentes é realizada principalmente em relação à altura da linha de visão, influenciada pelas características das tarefas, os elementos que intervêm nelas e os componentes da arquitetura que influenciam esta caracterização.

As tarefas desenvolvidas pelas crianças dentro da sala de aula são caracterizadas em três turmas do Núcleo de Desenvolvimento Infantil (NDI), no Campus da UFSC, com crianças entre os 4 anos até os 6 anos de idade. Nestas três faixas etárias as posturas corporais adotadas ao realizar as atividades são: sentadas no chão, sentadas em cadeira e em pé, posturas consideradas na definição da altura dos olhos.

Em relação aos espaços usados para realizar o estudo, os modelos arquitetônicos definidos para as avaliações consideram as características arquitetônicas de 6 salas de aula de ensino pré-escolar na cidade de Florianópolis. O NDI não fez parte das salas de aula usadas como referentes para tal definição.

O programa de simulação utilizado, assim como o modelo matemático escolhido para avaliar a sensação de ofuscamento, definem o estudo e análise de situações estáticas, definindo um tipo de céu em uma data específica e dois horários diferentes, uma localização do observador e duas direções da visão. Os dados obtidos de cada avaliação são processados mediante um procedimento gráfico e um método analítico. Ambos os métodos permitem realizar a caracterização do campo visual e a identificação dos componentes da arquitetura de maior influência na sensação de conforto visual.

A Figura 12 (pág.57) apresenta o mapa conceitual da pesquisa.

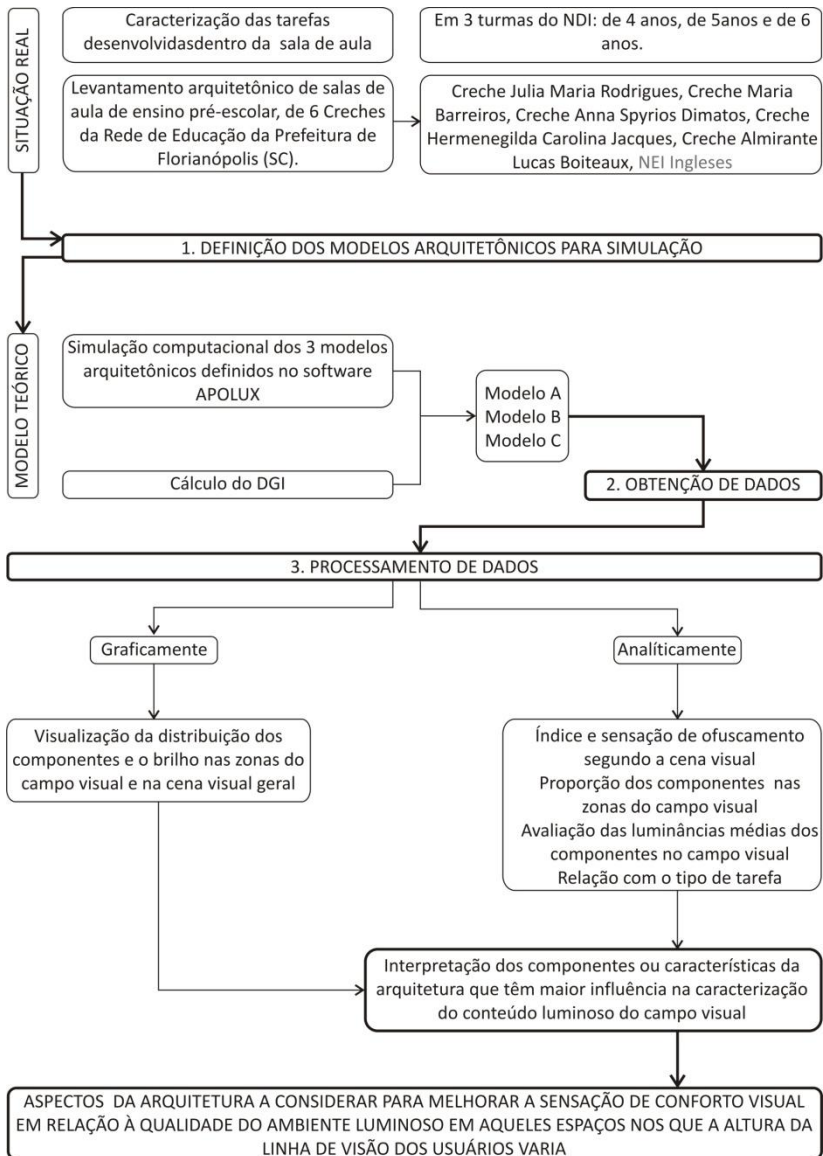


Figura 12: Mapa da metodologia

### 3.1 OBJETO DO ESTUDO

A população alvo são crianças em idade pré-escolar, que desenvolvem atividades de iniciação no processo de aprendizagem dentro da sala de aula.

#### **Características da faixa etária**

A idade sobre a qual é feita a pesquisa, crianças entre os 4 e 6 anos, é determinada principalmente pelas características do sistema visual, processos de ensino e aprendizagem e o tratamento arquitetônico das salas de aula de acordo com a etapa escolar, que devem ser coerentes com estes processos.

Os levantamentos antropométricos existentes, feitos em diferentes populações segundo a localização geográfica (AVILA, 2001), apontam às mudanças das características corporais dos percentis<sup>7</sup> segundo o grupo étnico, sexo e fatores socioeconômicos como o tipo de alimentação (PANERO; ZELNICK, 2006). Estes aspectos impactam no fator de crescimento e conseqüentemente nas características antropométricas.

As dimensões antropométricas da população infantil usadas neste estudo foram tomadas de: “Estimativas dos percentis das medidas antropométricas de crianças e adolescentes até 19 anos de idade, por sexo, segundo a idade - Brasil - período 2002-2003” (IBGE, 2010). Para cada uma das três faixas etárias selecionadas, foram consideradas as alturas dos olhos dos percentis P5, P50 e P95, sendo que pela semelhança de algumas destas dimensões foram realizados três agrupamentos de alturas, com três alturas em cada uma delas, como se apresenta na Tabela 4.

A Tabela 5 contém as alturas mais representativas selecionadas da Tabela 4 que definem os pontos verticais para a análise de cada situação. O critério de seleção destas alturas foi que existisse a maior diferença entre todas as alturas (sendo a menor diferença de -0.09m). A Tabela 5 apresenta então nove alturas, no

---

<sup>7</sup> Em estatística descritiva, os percentis são medidas de posição não central que permitem conhecer outros pontos característicos da distribuição que não são os valores centrais. Os percentis dividem a distribuição em cem partes. Ao referir-se a um percentil específico, o valor da variável a observar que está abaixo da percentagem dada. Assim, por exemplo, o P20 é o valor ou pontuação abaixo dos 20% dos valores ordenados que fossem encontrados. es.wikipedia.org, versão original em espanhol. Tradução própria.

entanto, a altura dos olhos da AG 1 “Sentada em cadeira” e a altura dos olhos da AG 3 “Sentada no chão” é igual e, a altura da AG 2 “Em pé” só difere da AG 3 “Sentada em cadeira” por 2 cm, o número total de alturas a avaliar é 7.

**Tabela 4: Altura e altura dos olhos da população infantil brasileira.**  
**Fonte: IBGE, 2010**

ANOS	Dim. em mm		ALTURA DOS OLHOS			AGRUPAMENTO
	Percentil	Altura	Em pé	Sentada cadeira	Sentada no chão	
4	P5	925	<b>829</b>	<b>669</b>	<b>441</b>	<b>AG 1</b>
	P50	1046	938	737	477	<b>AG 1</b>
	P95	1096	1000	819	<b>525</b>	<b>AG 2</b>
5	P5	993	911	720	470	<b>AG 1</b>
	P50	1112	992	<b>765</b>	485	<b>AG 2</b>
	P95	1242	1130	872	556	<b>AG 3</b>
6	P5	1037	<b>973</b>	844	577	<b>AG 2</b>
	P50	1171	1067	920	623	<b>AG 3</b>
	P95	1297	<b>1189</b>	<b>997</b>	<b>671</b>	<b>AG 3</b>

**Tabela 5: Alturas selecionadas para cada agrupação.**

AGRUPAÇÃO	ALTURA DOS OLHOS (m)			TOTAL
	Sentada no chão	Sentada cadeira	Em pé	
<b>AG 1</b>	0.44	0.67	0.83	<b>7</b>
<b>AG 2</b>	0.52	0.76	0.97-1.00	
<b>AG 3</b>	0.67	1.00	1.19	

### 3.2 MÉTODOS E TÉCNICAS

Na Figura 13 (pág.60) são apresentadas as variáveis estabelecidas na pesquisa para obter a caracterização do campo visual: i) altura da linha da visão das crianças de 4, 5 e 6 anos em etapa escolar, ii) caracterização das tarefas a desenvolver, iii) as principais posturas e iv) localização das crianças na sala de aula de acordo com as tarefas, v) a direção predominante do campo visual, vi) as características fotométricas da sala de aula com luz direta do sol e vii) as características arquitetônicas do ambiente escolar.



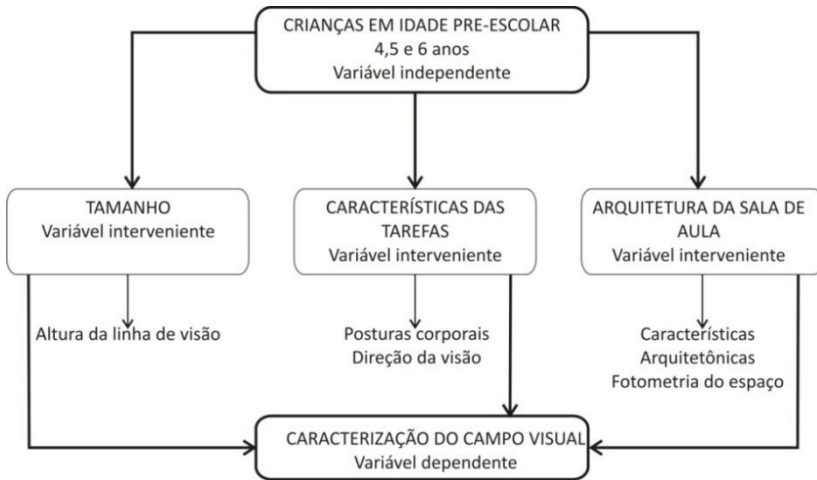


Figura 13: Definição das variáveis metodológicas

A pesquisa utiliza três técnicas para o levantamento de dados: trabalho experimental, observação sistemática e simulação computacional. A primeira, em trabalho de campo experimental no qual são caracterizadas as atividades e tarefas realizadas pelas crianças das três faixas etárias, em três posturas corporais adotadas ao levar a cabo as ditas tarefas. Essas posturas são: em pé, sentadas em cadeiras e sentadas no chão. A segunda, a observação sistemática, permite coletar os dados quantitativos e qualitativos das salas de aula, mediante medições das variáveis de tipo arquitetônico ou características do espaço. A terceira, mediante simulações computacionais, permite avaliar três configurações arquitetônicas de salas de aula com o objetivo de conhecer as diferentes caracterizações do ambiente luminoso em cada postura corporal, para cada uma das agrupações de alturas dos olhos realizadas (Ver Tabela 5, pág.59).

### 3.2.1 Caracterização das tarefas próprias da idade

As tarefas visuais que as crianças desta idade desenvolvem estão influenciadas pelos processos de ensino e aprendizagem da educação infantil. Estes processos se dividem em dois ciclos: creche, de 0 até os 3 anos, e, pré-escolar desde os 4 até os 6 anos. Nestes dois ciclos o ensino infantil é focado no desenvolvimento das capacidades das crianças. (BASSEDAS, 2008). As atividades desenvolvidas na escola no decorrer do dia, e que envolvem atenção e exigência visual das

crianças, segundo Bassedas (2008), são: atividades coletivas como canção, conto, fantoches, rondinhas, momentos de jogos motores e de motricidade com material, atividades para trabalhar determinados conteúdos como habilidades manipulativas e linguagem. Paralelamente, no segundo ciclo as atividades se focam no uso de papel e lápis, tarefas diversas como pintar, recortar, fazer associações, perfurar, desenhar, contar, escrever.

No segundo ciclo do ensino, entre os 4 e os 6 anos, as crianças interagem mais com o espaço da sala de aula e os elementos que o constituem, pois sua disposição com relação a ela é mais dinâmica já que não estão em postos fixos de trabalho durante toda a jornada escolar e realizam diversas atividades, individuais e coletivas, nas quais as posturas corporais mudam, o qual é refletido na percepção visual da tarefa e do entorno.

A observação das atividades realizadas pelas crianças das três faixas etárias do NDI possibilitou a caracterização das tarefas desenvolvidas nas salas de aula, apresentadas na Figura 14 e Figura 15.

SENTADA NO CHÃO		4-5-6 anos
		
<b>Características da atividade</b>		
Conversam, cantam, escutam contos, olham imagens, brincam. São atividades grupais. Ficam sentados sobre tapetes de cores e na porção da sala de aula disponível. Mudam de lugar durante as atividades, pelo que o posto de trabalho não é fixo. O foco de atenção são as imagens apresentadas pelo professor ou algum livro		
<b>Superfície de trabalho</b>	<b>Tempo de duração</b>	
Não definido, varia entre o plano vertical e horizontal.	Aproximadamente 40 minutos	

Figura 14: Caracterização das tarefas desenvolvidas sentadas no chão

**SENTADA EM CADEIRA**

4-5-6 anos

**Características da atividade**

Desenham, pintam, recortam, colam, começam escrever seu nome, lancham. Desenvolvendo estas atividades não ficam sentadas o tempo todo, se deslocam pela sala de aula procurando ferramentas e voltam a seu posto de trabalho. Os postos de trabalho não são fixos, geralmente trabalham em mesa redonda, pelo que algumas crianças ficam de frente à janela e outras de costas (1/4 dos alunos). O foco de atenção da tarefa é influenciado pelas cores dos materiais de trabalho.

**Superfície de trabalho**

A mesa

**Tempo de duração**

40 a 50 minutos

**EM PÉ**

4-5-6 anos

**Características da atividade**

São atividades esporádicas e individuais dirigidas a compartilhar e observar os trabalhos dos colegas de forma expositiva. Sobre as superfícies verticais são colados papeis coloridos, com letras, números e desenhos.

**Superfície de trabalho**

O quadro negro e paredes

**Tempo de duração**

Máximo 30 minutos

Figura 15: Caracterização das tarefas desenvolvidas em pé e sentada em cadeira

### 3.2.2 Levantamento Arquitetônico

Nesta seção são apresentadas as características arquitetônicas de 6 salas de aula para ensino pré-escolar na cidade de Florianópolis:

- Creche Julia Maria Rodrigues,
- Creche Maria Barreiros,
- Creche Anna Spyrios Dimatos,
- Creche Hermenegilda Carolina Jacques,
- Creche Almirante Lucas Boiteaux,
- NEI Ingleses

O intuito deste levantamento é de estabelecer as características arquitetônicas que ajudem a determinar os modelos arquitetônicos a serem usados nas simulações computacionais para avaliar diferentes condições do ambiente luminoso.

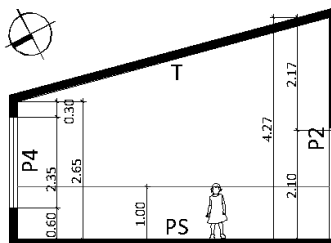
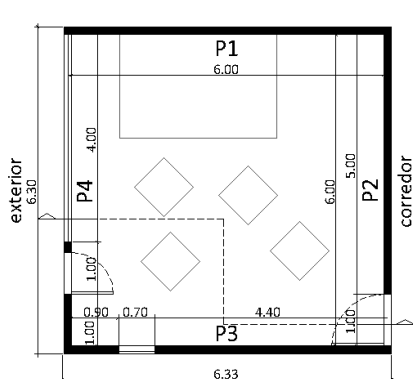
Nesta fase de levantamento foram consideradas as dimensões internas da sala, o tamanho das aberturas, a altura da verga e peitoril das mesmas, a existência de proteções solares, cores e texturas das superfícies e móveis. As fichas apresentadas na Figura 16 à Figura 20 (pág.64 a 68) contêm os dados dos levantamentos arquitetônicos das 5 primeiras creches. O NEI Ingleses (em funcionamento desde 2008) é uma casa adequada para atender as necessidades de uma creche. No entanto, já que este espaço não foi projetado para tal uso, só são consideradas as refletâncias das superfícies no levantamento arquitetônico.

As medições da refletância das superfícies foram feitas com o Refletômetro Alta II<sup>8</sup>. Este equipamento permite conhecer a proporção em que a energia luminosa em diferentes porções do espectro é refletida e assim calcular a refletância da superfície.

---

<sup>8</sup> Disponível em: <[www.vernier.com](http://www.vernier.com)>. Acesso em: 17 mar. 2010

**CRECHE MARIA BARREIROS - em funcionamento apróx. há 30 anos-**



**PAF**

P4 (parede 4): 50,57%

Vidro transparente

Não possui proteção solar externa

Possui cortinas

**CARACTERÍSTICAS DAS SUPERFÍCIES**

Superfície rebocada + tinta cor rosa clara: área superior das paredes: P1, P2, P3 e P4.  
Refletância: 84.8%

Superfície rebocada + base em tinta cor rosa clara + jaspé rosa escuro área inferior das paredes: P1, P2, P3 e P4. Refletância: 80.1%

Piso cerâmico bege. Refletância: 62.6%

Teto metálico + tinta cor branca. Refletância: 83.9%

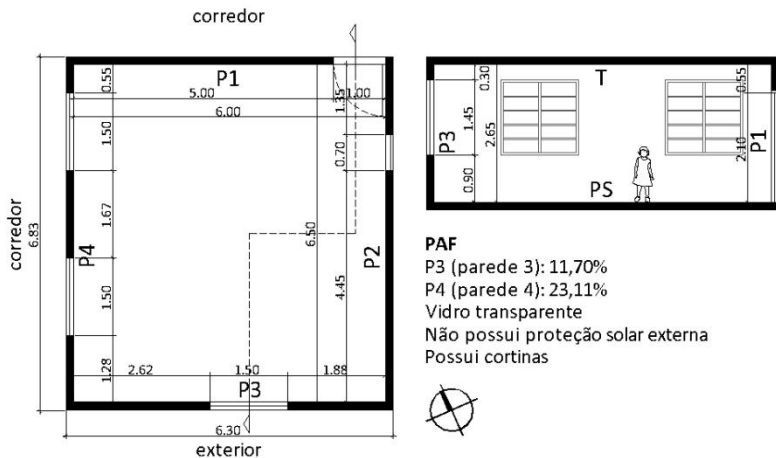
Mesa fórmica verde clara. Refletância: 54.3%

Porta em madeira + tinta azul. Refletância: 42.3%



Figura 16: Creche Maria Barreiros

**CRECHE ALMIRANTE LUCAS BOITEAUX - em funcionamento apróx. há 30 anos-**



**CARACTERÍSTICAS DAS SUPERFÍCIES**

Superfície rebocada + tinta cor bege: paredes P1 e P3, área inferior da parede P2. Refletância: 78.5%

Superfície rebocada + tinta cor azul: área superior da parede P2. Refletância: 67.4%

Superfície rebocada + tinta cor lilás: área superior parede P4. Refletância: 78.9%

Piso cerâmico bege. Refletância: 62.6%

Teto rebocado + tinta cor branca. Refletância: 81.7%

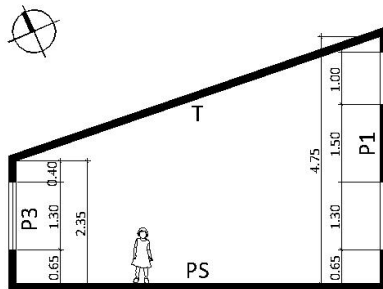
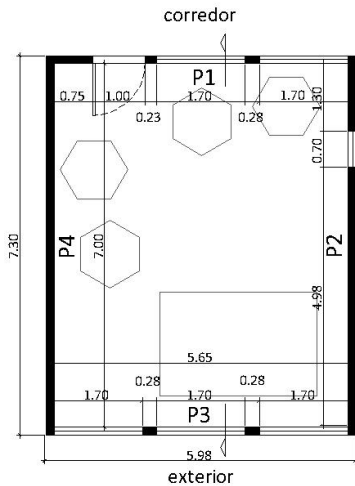
Mesa fórmica verde clara. Refletância: 54.3%

Porta em madeira + tinta lilás. Refletância: 71.4%



Figura 17: Creche Almirante Lucas Boiteaux

**CRECHE ANNA SPYRIOS DIMATOS - recém reformada-**



**PAF**

P1 (parede 1): 50,30%

P3 (parede 3): 42,64%

Vidro transparente

Não possuem proteção solar externa

Possuem cortinas

**CARACTERÍSTICAS DAS SUPERFÍCIES**

Superfície rebocada + tinta cor azul clara: paredes: P1, P2, P3 e P4.  
Refletância: 73.2%

Piso cerâmico bege. Refletância: 62.6%

Teto rebocado + tinta cor branca. Refletância: 81.7%

Mesa em fórmica amarela. Refletância: 80.7%

Mesa fórmica verde clara. Refletância: 54.3%

Mesa fórmica bege. Refletância: 58.2%

Porta em madeira + tinta amarela. Refletância: 77.2%

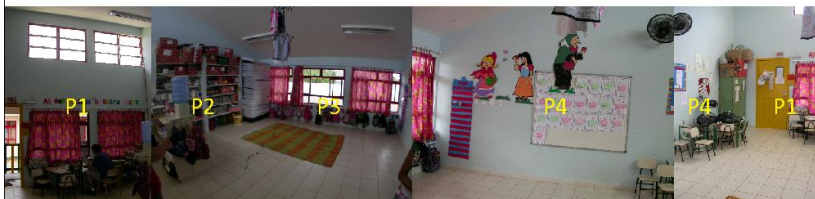
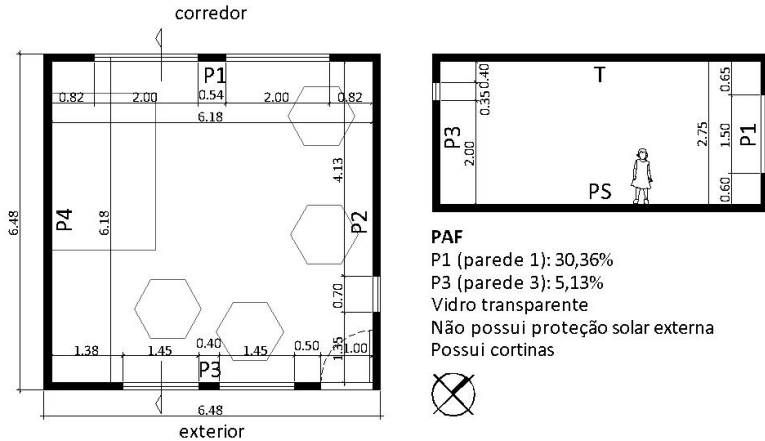


Figura 18: Creche Anna Spyrios Dimatos

### CRECHE HERMENEGILDA CAROLINA JACQUES - recém reformada-



#### CARACTERÍSTICAS DAS SUPERFÍCIES

Superfície rebocada + tinta cor amarela clara: paredes: P1, P2, P3 e P4. Refletância: 75.3%

Piso cerâmico bege. Refletância: 64.3%

Teto rebocado + tinta cor branca. Refletância: 81.7%

Mesa em fórmica amarela. Refletância: 80.7%

Mesa em fórmica branco osso. Refletância: 88.6%

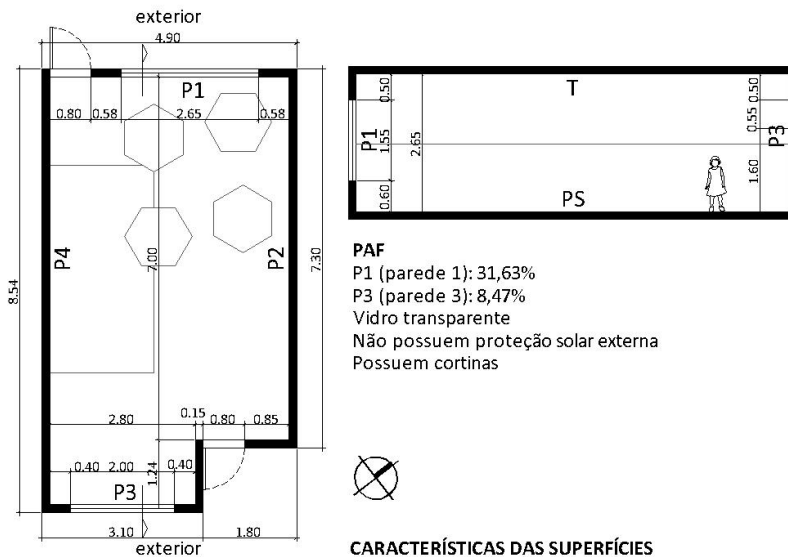
Porta em madeira + tinta amarela. Refletância: 78.4%



Figura 19: Creche Hermenegilda Carolina Jacques



**CRECHE JÚLIA MARIA RODRIGUES -Projeto MEC inaugurada em 2010-**



**PAF**

- P1 (parede 1): 31,63%
- P3 (parede 3): 8,47%
- Vidro transparente
- Não possuem proteção solar externa
- Possuem cortinas

**CARACTERÍSTICAS DAS SUPERFÍCIES**

Superfície rebocada + tinta cor bege: área superior das paredes: P1, P2, P3 e P4. Refletância: 78.5%

Superfície em cerâmica branca área inferior das paredes: P1, P2, P3 e P4. Refletância: 86.6%

Piso em granito cor cinza e acabamento fosco. Refletância: 45.1%

Teto rebocado + tinta cor branca. Refletância: 81.7%

Quadro negro. Refletância: 20%

Mesa em fórmica vermelha. Refletância: 40.9%

Mesa em fórmica amarela. Refletância: 80.7%

Mesa fórmica verde clara. Refletância: 54.3%

Porta em madeira + tinta amarela. Refletância: 78.4%



Figura 20: Creche Júlia Maria Rodrigues

### 3.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Como o estudo envolveu variáveis que não podiam ser modificadas facilmente em um espaço real, realizaram-se simulações computacionais nas quais foram alteradas as dimensões do espaço e disposição das aberturas, mantendo as características das superfícies e mobiliário. O *software* escolhido para a avaliação dos modelos teóricos foi o APOLUX (CLARO et al., 2010). Para este estudo o programa foi ajustado com o intuito de realizar uma projeção equidistante da imagem visualizada desde uma posição específica do observador, permitindo determinar as proporções dos componentes da arquitetura em cada zona do campo visual à medida que a luminância média dessas proporções em cada zona também é determinada, computando a contribuição luminosa de cada elemento em cada zona da cena visual.

As simulações permitem analisar a distribuição dos brilhos nos diferentes campos visuais das crianças da amostra, sob uma das condições de céu de maior ocorrência em Florianópolis, escolhido entre os quinze tipos de céus adotados pela CIE, entre as 9 e 17 horas e baseado no arquivo climático *TRY*<sup>9</sup>. Dos 3285 dados que deve conter o arquivo *TRY*, estão levantados 3234, pois nas datas compreendidas entre 18 de maio até 07 de julho os dados registrados vão até as 16 horas.

De acordo com um algoritmo desenvolvido por Claro (2009)<sup>10</sup> para interpretar as informações do arquivo *TRY*, na Tabela 6 é apresentado o Céu 4 (Céu Encoberto III) como o de maior ocorrência, seguido do Céu 13 (Padrão Céu Claro II). Para as simulações é escolhido o Céu 13 já que com este tipo de céu, dependendo da orientação da sala de aula, pode incidir luz do sol em superfícies internas. A data escolhida para as simulações é o dia 21 de Março-Setembro às 09h e 15h.

Os parâmetros usados na simulação de cada modelo foram determinados pela velocidade da simulação em relação às diferenças dos resultados obtidos. Com este objetivo é feito um teste com duas configurações do fracionamento e fator de divisão das superfícies. O

---

<sup>9</sup> Disponível em: <[www.labeee.ufsc.br/downloads/downloadaclim.html](http://www.labeee.ufsc.br/downloads/downloadaclim.html)>. Acesso em: 01 setembro 2010.

<sup>10</sup> Não existe referência já que é um experimento.

primeiro deles utiliza fracionamento de 0,01 e fator de divisão de 3 para o piso e as paredes, mantendo em 1 o fracionamento de portas, teto e mobiliário. O segundo teste mantém o fracionamento em 0,01 e o fator de divisão de todas as superfícies em 1, excetuando o piso que mantém o fator de divisão em 3.

Os resultados das duas simulações apresentaram diferenças nos dados de +/- 1%, consumindo o dobro do tempo o primeiro teste. Por este motivo as simulações são realizadas com as configurações dos parâmetros do segundo teste, diminuindo o tempo de simulação.

**Tabela 6: Ocorrência dos tipos de céu em Florianópolis segundo interpretação do arquivo climático.**

CÉU	CARACTERÍSTICA	OCOR.	CÉU	CARACTERÍSTICA	OCOR.
1	Padrão Céu Encoberto	3	9	Parcialmente Nublado II-A	60
2	Céu Encoberto I	53	10	Céu Parcialmente Nublado II-B	105
3	Céu Encoberto II	396	11	Céu Branco - Azul	258
4	Céu Encoberto III	764	12	CIE Padrão Céu Claro I	7
5	Céu de Luminância Uniforme	5	13	CIE Padrão Céu Claro II	497
6	Céu Parcialmente Nublado I-A	284	14	Céu Turvado Sem Nuvens	417
7	Céu Parcialmente Nublado I-B	93	15	Céu Turvado Branco - Azul	216
8	Céu Parcialmente Nublado I-C	76	<b>TOTAL 3234</b>		

### 3.3.1 Definição dos modelos para simulação

A partir dos levantamentos arquitetônicos realizados foram definidas as características arquitetônicas para a construção de três modelos de sala de aula para realizar as simulações. Estas características obedecem a diferentes configurações em planta e seção dos projetos, percentagem de aberturas em fachadas (PAF), refletância das superfícies e disposição do mobiliário.

As características dimensionais e de proporção espacial do Modelo A (Figura 21, pág. 72) são semelhantes às características da sala de aula implementada no Projeto Piloto do MEC (Figura 20, pág.68), enquanto as dimensões e proporções do Modelo B e Modelo C (Figura 22 e Figura 23, pág.73 e 74) são semelhantes às salas de aula mais antigas e recém-reformadas (Figura 16, Figura 18 e Figura 19, pág.64, 66 e 67). Em relação às refletâncias das superfícies foram

escolhidas as mais altas (situação mais crítica), o qual gerará um espaço mais luminoso.

### **3.3.2 Quantidade de simulações e situações analisadas**

Para a análise do ofuscamento gerado por cada uma das aberturas dos espaços, são realizadas simulações dos espaços com cada uma das aberturas individuais. Esta fase intermédia permite conhecer os dados de luminância de cada abertura no campo visual para ser usado no cálculo do índice de ofuscamento. Estes dados junto com os resultados das simulações do espaço original com todas as aberturas permitem caracterizar a cena luminosa a partir de cada ponto do observador em cada uma das duas direções, assim como determinar o valor do índice de ofuscamento escolhido para este estudo.

A Figura 24 (pág.75) apresenta o resumo das situações simuladas necessárias para a análise do ofuscamento. São usados os três modelos definidos sob as condições de céu, data e horários determinados previamente. Adicionalmente é modificada a orientação de cada modelo em duas direções, no caso do Apolux: Norte a 0° quando é para cima e Norte a 90° quando é para direita. O número total de simulações é de 40, sendo que as 12 principais são aquelas na que o espaço é simulado em sua configuração original e as 28 restantes fazem parte da fase intermédia.

A Figura 25 (pág. 76) apresenta as avaliações das visuais a partir das 12 simulações principais. Nesta figura é estabelecida a localização do observador nas coordenadas x,y dentro da sala de aula assim como duas direções da visão. Já que o intuito do estudo é avaliar as características da arquitetura da sala de aula e não só as aberturas, a direção da visão é definida sobre uma linha a 45° das normais das paredes, para que assim o campo visual contenha teto, piso e paredes com e sem aberturas.

A altura da linha de visão, coordenada z, é determinada pelas 7 alturas das agrupações previamente estabelecidas na Tabela 5. O total de situações a analisar é de 168.

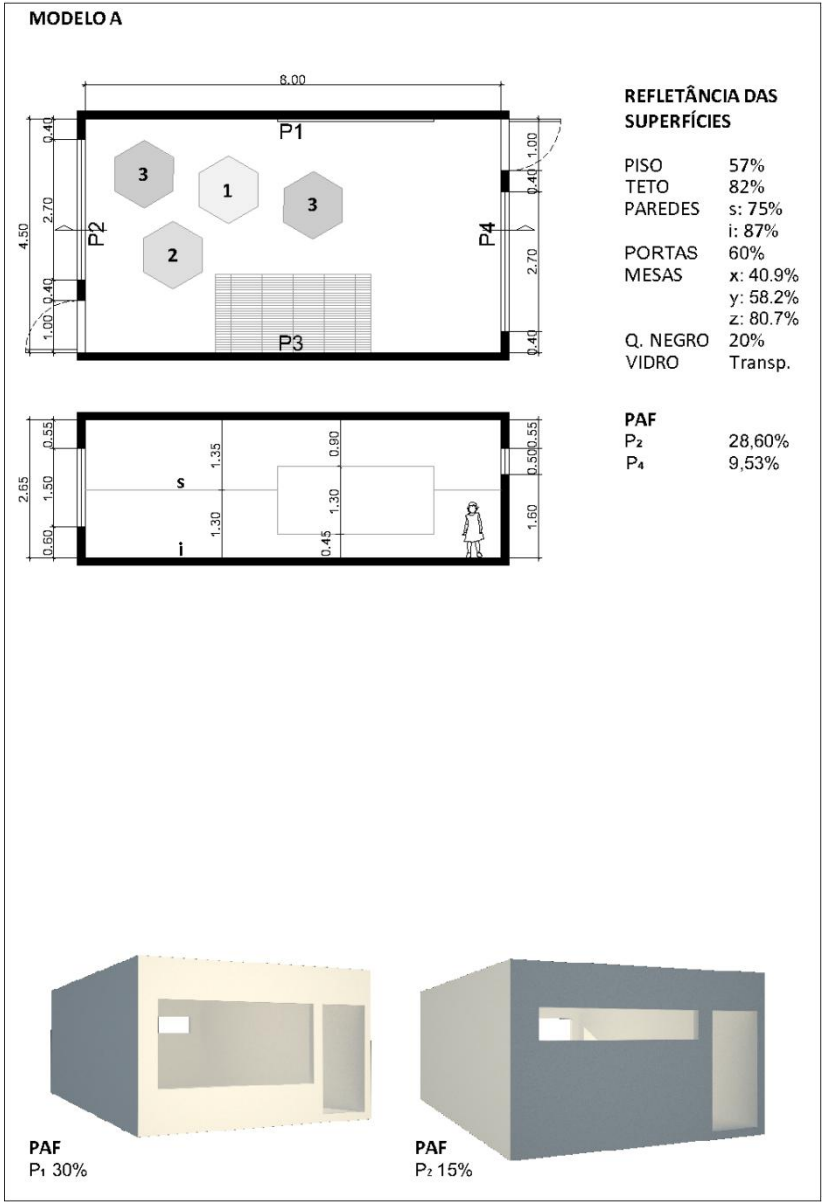


Figura 21: Definição das características arquitetônicas do Modelo A

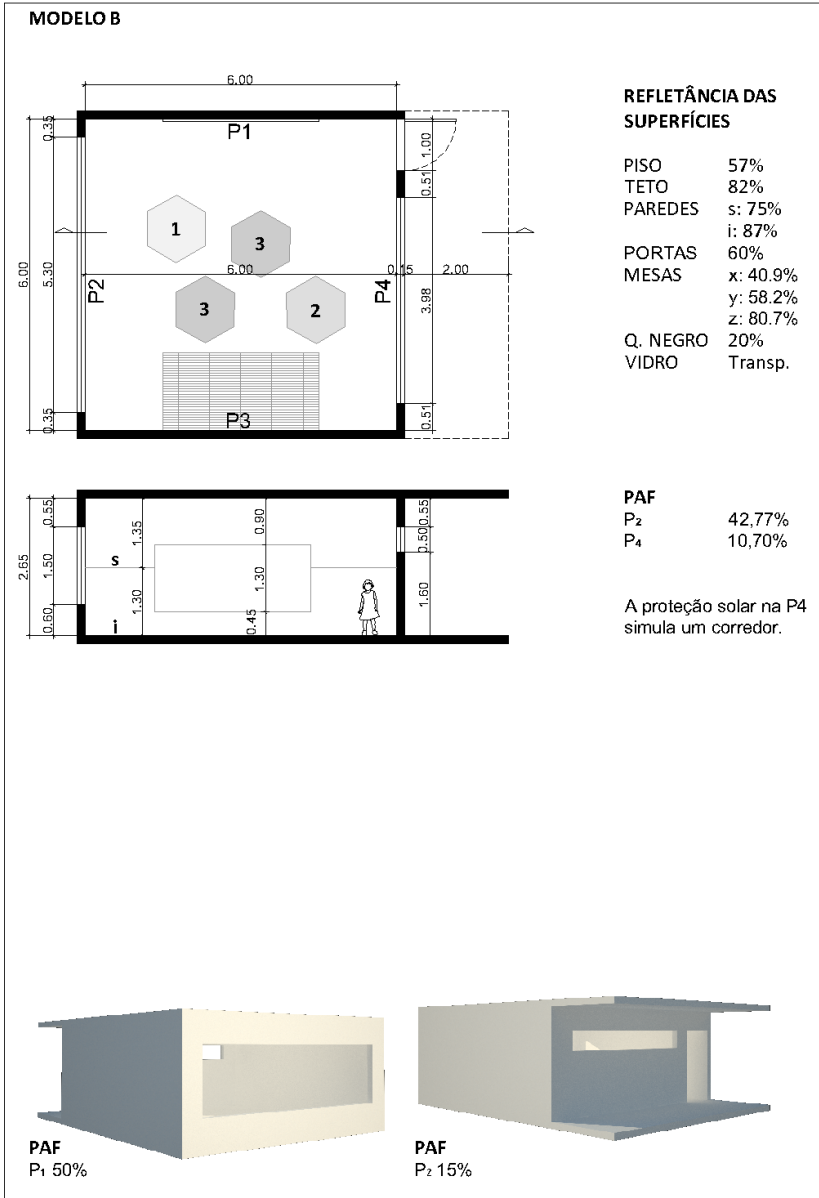


Figura 22: Definição das características arquitetônicas do Modelo B

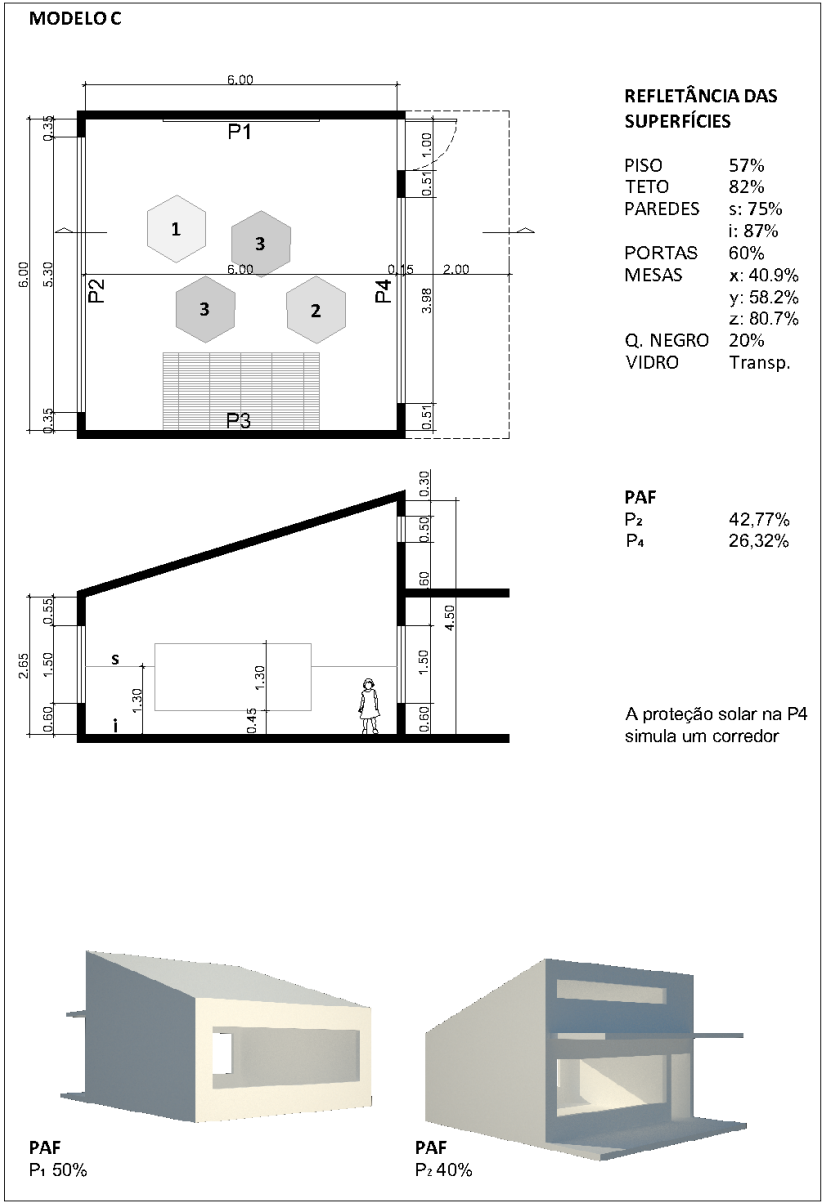


Figura 23: Definição das características arquitetônicas do Modelo C

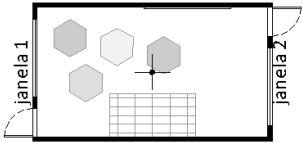
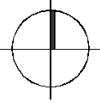
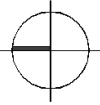
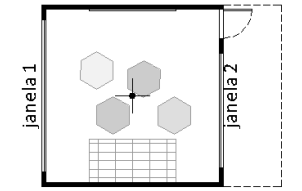
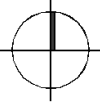
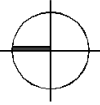
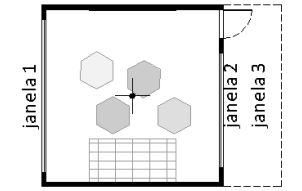
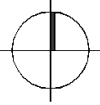
SITUAÇÕES					
DATA: MARÇO E SETEMBRO 21 CÉU 13. PADRÃO CÉU CLARO II					
MODELO	ORIENTAÇÃO	HORARIO	N°	FASE INTERMEDIA	
 <p><b>A</b></p>	 Norte 0°	09horas	I	só aber.1	I.a
		15horas		II	só aber.2
	 Norte 90°	09horas	III		só aber.1
		15horas		IV	só aber.2
		09horas	V		só aber.1
		15horas		VI	só aber.2
 <p><b>B</b></p>	 Norte 0°	09horas	V		só aber.1
		15horas		VI	só aber.2
	 Norte 90°	09horas	VII		só aber.1
		15horas		VIII	só aber.2
		09horas	IX		só aber.1
		15horas		X	só aber.2
 <p><b>C</b></p>	 Norte 0°	09horas	IX		só aber.1
		15horas		X	só aber.2
	só aber.3				IX.c
	09horas	XI	só aber.1		X.a
			só aber.2	X.b	
	só aber.3		X.c		
15horas	XII	só aber.1	XI.a		
		só aber.2	XI.b		
		só aber.3	XI.c		
09horas	XII	só aber.1	XII.a		
		só aber.2	XII.b		
		só aber.3	XII.c		
15horas	XII	só aber.1	XII.a		
		só aber.2	XII.b		
		só aber.3	XII.c		

Figura 24: Quadro resumo das situações simuladas



AVALIAÇÕES				
DATA: MARÇO E SETEMBRO 21				
CÉU 13. PADRÃO CÉU CLARO II				
MODELO	SIMULAÇÃO	DIREÇÃO	ALTURAS	
<p>A</p>	I	1	7	14
		2		
	II	1	7	14
		2		
III	1	7	14	
	2			
IV	1	7	14	
	2			
<p>B</p>	V	1	7	14
		2		
	VI	1	7	14
		2		
VII	1	7	14	
	2			
VIII	1	7	14	
	2			
<p>C</p>	IX	1	7	14
		2		
	X	1	7	14
		2		
XI	1	7	14	
	2			
XII	1	7	14	
	2			
				168

Figura 25: Quadro resumo das visuais avaliadas em cada situação

## 3.4 TRATAMENTO DOS DADOS

O tratamento e a representação dos dados de cada uma das 168 situações definidas para o estudo é realizado mediante dois métodos: um método analítico e um procedimento gráfico. O primeiro torna possível a compreensão da distribuição das luminâncias no campo visual avaliado, permitindo a rápida identificação das superfícies ou objetos que poderiam ter maior influência no conforto visual, segundo o tamanho e localização das possíveis fontes de ofuscamento. O segundo método permite fazer as comparações entre as métricas, a imagem gerada e o valor do ofuscamento obtido em cada situação.

### 3.4.1 Método analítico

Com o intuito de conhecer o grau de ofuscamento em cada uma das situações estabelecidas neste estudo, foram usados os dados gerados pela simulação do ambiente luminoso, localização das aberturas e a localização do observador em relação a cada uma destas aberturas do local. Com este método se pretende confrontar a informação gráfica com os dados numéricos produzidos em cada simulação e a aplicação da equação do *DGI* e a tabela do *GSV*. Nesta fase foi estudada a distribuição das luminâncias no campo visual em cada uma das cenas observadas.

#### 3.4.1.1 Escolha do índice para avaliação do ofuscamento

Para realizar a avaliação do ofuscamento recorre-se ao uso da equação do *DGI* (Eq. 7) de Hopkinson et al. (1966). Embora o *DGI* seja um índice antigo para avaliar o ofuscamento gerado por fontes de luz natural, e não permitir fazer avaliações dinâmicas, possibilita conhecer a sensação de desconforto do usuário sob uma condição específica de céu, horário e arquitetura do espaço estudado. Neste sentido, as avaliações feitas com este índice são mais reveladoras nas questões referentes às condições e características da arquitetura que devem ser repensadas para melhorar a sensação de conforto visual, em relação ao ofuscamento.

Alguns autores têm recomendado o *DGP* (WIENOLD, 2009; WYMELENBERG; INANICI; JOHNSON, 2010) como índice para o julgamento do ofuscamento, pois as simulações dinâmicas nas quais é usado possibilitam conhecer a probabilidade de ofuscamento em um

espaço ao longo de um ano. No entanto, os resultados obtidos com este tipo de avaliação são gerais e não identifica sob qual condição de céu, característica arquitetônica ou em qual localização do observador no espaço se dá a maior sensação de desconforto. Devido a este motivo foi selecionado o *DGI* para realizar as avaliações de ofuscamento.

#### 3.4.1.2 Processamento de dados

A Figura 26 (pág. 80) apresenta a planilha base usada nesta pesquisa para a coleta e o processamento de dados, produzida no *software Microsoft Office Excel 2007* a partir dos dados gerados pelo *software* de simulação Apolux (em formato.txt). Nela estão contidas as informações das métricas geradas após cada simulação, o resultado da avaliação do ofuscamento e a classificação segundo a tabela do *GSV*, cálculos que foram realizados em outra planilha usando o mesmo *software*.

A planilha está dividida em 4 partes principais. A primeira parte, a área cinza, contém as informações gerais da simulação como: o nome do arquivo simulado, a orientação do modelo, a data e hora da simulação, a localização do observador, a direção da visão ou foco, a iluminância no olho do observador e a luminância máxima e mínima no campo visual.

A segunda parte, a área lilás, possui as estatísticas de cada uma das três zonas do campo visual (foco ou visão central, ergorama e panorama). Esta área está dividida por sua vez em 6 colunas: a coluna 2a refere-se aos níveis, que são cada um dos conjuntos de superfícies que o Apolux considera na simulação, as colunas 2b, 2c e 2d contêm as informações dos cálculos das luminâncias, ângulos sólidos e a relação entre estas duas métricas para determinar a luminância média de cada nível dentro da respectiva zona. A coluna 2e faz referência à área que ocupa cada nível na zona do campo visual, em porcentagem. Finalmente, a coluna 2f é a luminância média de cada nível ponderada pela área que ocupa na zona do campo visual. O valor total da coluna 2c e a coluna 2f devem ser iguais, os quais são o valor da luminância média da zona do campo visual.

A área marcada em rosa, terceira parte, são as informações gerais da cena visual avaliada. Aqui se apresentam na coluna 3c os dados da luminância média da fonte que, são as aberturas constituídas

pelas informações do Céu e Solo, e do fundo nas três zonas do campo visual e, na coluna 3d, a relação de contraste delas dentro de cada zona e no total do campo visual. Para conhecer esta relação de contraste entre a fonte e o fundo foi usada a Eq.3 (pág.35); o valor positivo refere-se à maior luminância média na fonte, enquanto o negativo é do fundo. Adicionalmente é apresentado na coluna 3g o valor da luminância média de cada nível no total do campo visual.

A quarta e última parte da tabela marcada na cor azul apresenta o valor obtido para o *DGI*, calculado segundo os dados apresentados nas partes anteriores. Do lado deste valor se encontra a tabela do voto de sensação de ofuscamento ou *GSV*, o qual permite determinar o grau de desconforto do observador sob as condições avaliadas.

Adicionalmente, nas duas faixas marcadas em amarelo entre foco-ergorama e ergorama-panorama, aparecem as relações de contraste correspondentes. A equação base usada para este cálculo é também a Eq.3. Com esta equação são obtidos resultados que variam entre 0 e 1, porém, o Apolux calcula estas relações mantendo uma ordem fixa das variáveis, pelo que o valor em algumas ocasiões é negativo, mas a magnitude é a mesma.

Assim, entre o foco e o ergorama serão obtidos valores positivos quando a maior luminância média for do foco e, valores negativos serão obtidos quando a maior luminância média for do ergorama. A equação que corresponde a esta relação é:

$$C = \frac{L_{\text{foco}} - L_{\text{ergo}}}{L_{\text{foco}} + L_{\text{ergo}}} \quad \text{Eq. 12}$$

Entre o ergorama e o panorama serão obtidos valores positivos quando a maior luminância média for do ergorama e, valores negativos serão obtidos quando a maior luminância média for do panorama. A equação usada para determinar esta relação é:

$$C = \frac{L_{\text{ergo}} - L_{\text{pano}}}{L_{\text{ergo}} + L_{\text{pano}}} \quad \text{Eq. 13}$$

C:\Users\admin\Documents\Natalia\TESTE APOLUX_feb_2011\pjt\ModA ab1_f05_piso3,PJT					
GRÁFICO DE BRILHO 73099 parcelas					
Lat: 27,35 Sul / Long: 48,55 Oeste / Alt: 7,00 m / Norte: 0 g					
Data: 21 / 9 Hora: 9:00 / Céu CIE Tipo: 13					
Observador X: 4,00 Y: 3,00 Z: 1,00					
Foco X: 2,00 Y: 2,00 Z: 1,00					
Iluminância no olho do Observador (lux): 2751,72					
Luminância Máxima no Campo Visual (cd/m2): 8495,5					
Luminância Mínima no Campo Visual (cd/m2): 0					
<b>ESTATÍSTICAS</b>					
<b>DADOS DE FOCO</b>					
Nível	A = Soma[lum[i]*angniv[i]]	B = Soma[angniv[i]]	Lmedniv (A/B)	% ÁREA FOCO	Lmedzon(A/angtot)
Piso	0	0	0	0	0
Parede inf 1	0	0	0	0	0
Parede sup 1	0	0	0	0	0
Porta	2a	2b	2c	2d	2e
Teto	2f				
CÉU	28,84	0	8383,59	6,39	535,67
SOLO	22,29	0	6479,48	6,39	414,01
TOTAL	68,44	0,05	1271	100	1271
Contraste Foco X Ergo: (Lmfoco - Lmergo)/(Lmfoco + Lmergo)					-0,14
<b>DADOS DE ERGO</b>					
Nível	A = Soma[lum[i]*ang[i]]	B = Soma[ang[i]]	Lmed (A/B)	% ÁREA ERGO	Lmedzon(A/angtot)
Piso	49,68	0,14	364,5	17,32	63,13
Parede inf 1	0	0	0	0	0
Parede sup 1	0	0	0	0	0
Porta	12,19	0,04	305,46	5,07	2
Teto	60,28	0,08	755,11	10,14	2
CÉU	769,51	0,11	7291,64	13,41	97,04
SOLO	253,58	0,04	6479,48	4,97	322,22
TOTAL	1332,99	0,79	1693,81	100	1693,81
Contraste Ergo X Pan: (Lmergo - Lmpan)/(Lmergo + Lmpan)					0,55
<b>DADOS DE PAN</b>					
Nível	A = Soma[lum[i]*ang[i]]	B = Soma[ang[i]]	Lmed (A/B)	% ÁREA PAN	Lmedzon(A/angtot)
Piso	228,11	0,97	234,53	17,87	41,92
Parede inf 1	239,27	0,39	615,31	7,15	49,97
Parede sup 1	210,99	0,33	636,74	6,09	38,78
Porta	0	0	0	0	0
Teto	810,66	1,66	489,53	30,43	148,98
CÉU	425,35	0,06	7005,22	1,12	78,17
SOLO	133,75	0,02	6479,48	0,38	24,58
TOTAL	2712,21	5,44	498,46	100	498,46
<b>DADOS FONTE X FUNDO</b>					
ZONA DO CAMPO VISUAL	A = Soma[lum[i]*ang[i]]	angZONA	Lmedzon(A/angZONA)	CONT. FONTE X FUNDO	
FONTE FOCO	51,14	0,05	949,68	0,49	
FUNDO FOCO	17,3	0,05	321,33		
FONTE ERGO	1271	0,05	1271		
FUNDO ERGO	1271	0,05	1271		
FONTE PAN	498,46	0,09	498,46		
FUNDO PAN	2153,11	5,44	395,7		
FONTE TOTAL	1633,33	6,28	260	-0,21	
FUNDO TOTAL	2480,31	6,28	394,83		
<b>DADOS DOS NÍVEIS</b>					
NÍVEL	A = Soma[lumniv[i]*angniv[i]]	angTOT	LmedNIV(A/angTOT)		
Piso	277,79	6,28	44,22		
Parede inf 1	239,27	0,39	38,09		
Parede sup 1	210,99	0,33	38,09		
Porta	0	0	0		
Teto	876,93	6,28	138,64		
CÉU	1223,71	6,28	194,8		
SOLO	409,62	6,28	65,21		
DGI	16,24	Escala de valor		GSV	DGI
		IMPERCEPTÍVEL		0	16,24
		ACEITÁVEL		1	DE CAMPO
		LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO		1,5	
		DESCONFORTÁVEL		2	
		INTOLERÁVEL		3	28

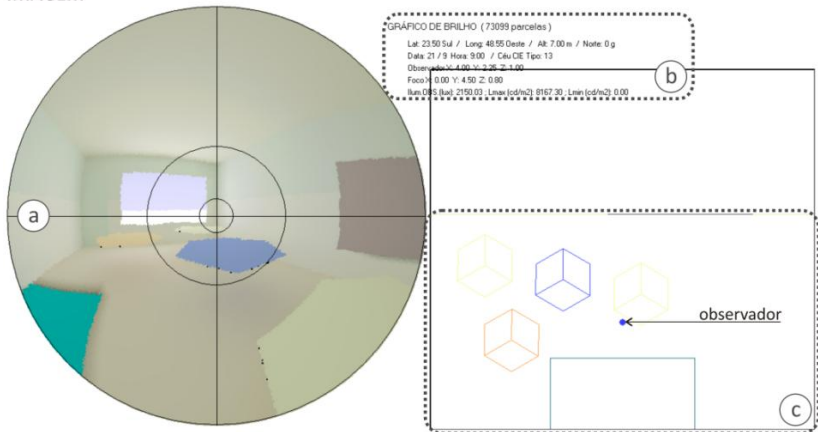
Figura 26: Planilha base para o processamento de dados

### 3.4.2 Procedimento gráfico

Na proposta para caracterizar os campos visuais das crianças em salas de aula se recorre, em parte, a métodos gráficos que permitiram a compreensão da proporção e distribuição dos elementos

na imagem visualizada. Isto é possível já que os resultados, após realizar a simulação e escolher a situação a analisar, são imagens equidistantes de dois tipos (Figura 27): a imagem como tal e a imagem do brilho. Tanto a imagem como o gráfico contém a informação gráfica (a); informações gerais da simulação como o nome do arquivo, a orientação do modelo, a data e hora da simulação, a localização do observador, a direção da visão ou foco (b) e o esquema em planta do espaço e localização do observador (c).

### IMAGEM



### IMAGEM DE LUMINÂNCIAS

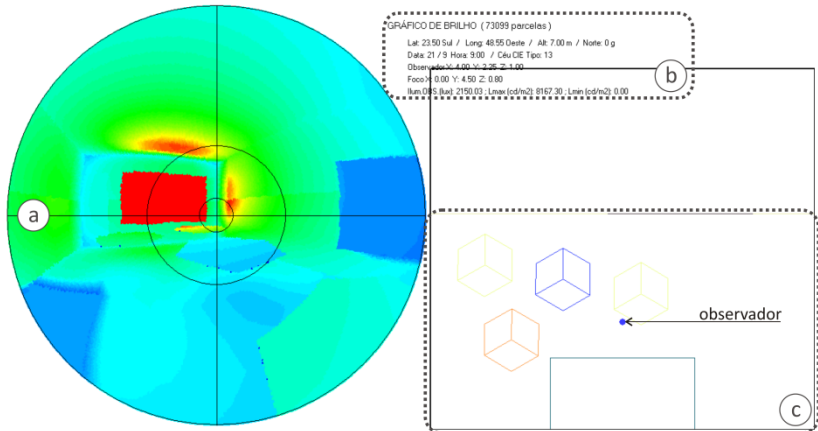


Figura 27: Imagem da cena observada e das luminâncias geradas pelo Apolux

Para o tratamento das imagens, foram consideradas as três zonas do campo visual definidas pelos respectivos ângulos sólidos<sup>11</sup> de 15°, 60° e 180°. A marcação das zonas em cada imagem fez possível identificar em que proporção os elementos que integram o campo visual, e as luminâncias, estão dispostos em cada uma delas em função da altura da linha de visão.

A Figura 28 apresenta a ficha usada para caracterizar o campo visual de cada avaliação. As informações no cabeçalho da ficha indicam a qual modelo arquitetônico, em que direção da visão, em qual situação de simulação e desde qual altura dos olhos correspondem os dados apresentados.

O corpo da ficha está composto pela imagem de luminâncias, um gráfico das proporções dos componentes arquitetônicos em cada uma das zonas do campo visual e outro gráfico com as luminâncias médias desses componentes em cada uma das zonas do campo visual. A luminância média das aberturas em cada zona, assim como sua luminância média total e a luminância média do fundo não são incluídas neste último gráfico e sim apresentados os valores numéricos.

O valor do *DGI* obtido na planilha base para o processamento de dados é apresentado e associado com o valor do *GSV* correspondente. Como todas as informações pertencem a uma situação específica, o percentil, a idade e a postura corporal que corresponde à altura da linha de visão avaliada são indicados na parte final da ficha.

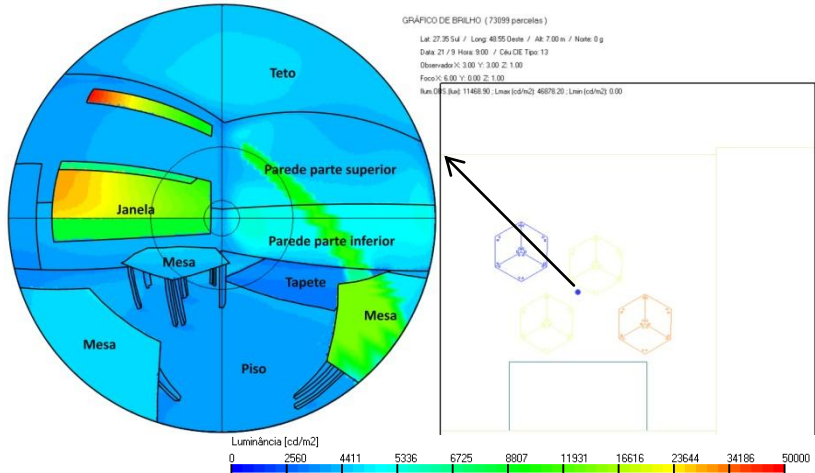
---

<sup>11</sup> Devido a que nas simulações é utilizado o método dos elementos finitos, quando é usado um ângulo sólido de 1° para delimitar a zona da visão central o tamanho do ângulo é tão pequeno que só é interceptado um ou dois vetores de visibilidade, fato que leva a erros muito grandes de avaliação. Considerando o anterior e para efeitos desta pesquisa, o ângulo que delimita a visão central é aumentado a 15°, o qual não compromete a análise permitindo ter mais vetores dentro da zona melhorando a granularidade da análise.

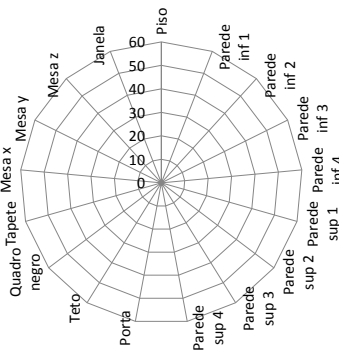
MODELO - Direção visão - - Norte -° -- horas

Altura olhos: -

Ficha nº -



PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



Visão central  
Ergorama  
Panorama

Ljanela v. central: 0 cd/m<sup>2</sup>

Ljanela ergo: 0 cd/m<sup>2</sup>

Ljanela pano: 0 cd/m<sup>2</sup>

Lfonte: 0 cd/m<sup>2</sup>

Lfundo: 0 cd/m<sup>2</sup>

DGI -

Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
Intolerável	3	28

Percentil	Idade
P-	-
P-	-

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL

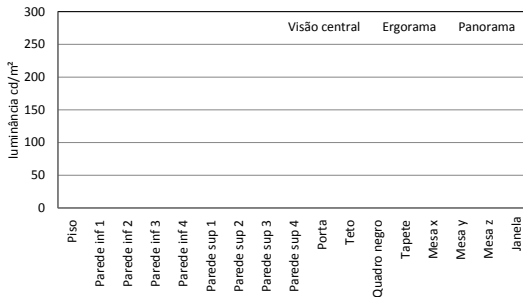


Figura 28: Modelo de ficha para caracterização dos campos visuais



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir são expostos e discutidos os resultados obtidos através da metodologia usada nesta pesquisa, detalhada no capítulo anterior. Para atingir a caracterização de cada campo visual as análises são realizadas em quatro etapas:

- A primeira delas compreende a ocupação dos componentes da arquitetura dentro do campo visual e em cada uma das 7 alturas dos olhos já estabelecidas.

- A segunda parte refere-se à distribuição das luminâncias dentro do campo visual em cada uma das 7 alturas da linha de visão.

- A análise do contraste é referida à relação entre as zonas do campo visual de cada caso, constituindo a terceira parte a analisar.

- A avaliação do desconforto causado pelo ofuscamento, quarta etapa das análises, apresenta os valores obtidos pela aplicação da equação do *DGI* para cada uma das 168 avaliações propostas no estudo.

### 4.1 OCUPAÇÃO DOS COMPONENTES ARQUITETÔNICOS

A análise da ocupação relativa dos componentes arquitetônicos no campo visual indica a percentagem da área que cada elemento ocupa em cada uma das três zonas do campo visual. Como esta estimativa de área é feita sobre cada um dos ângulos sólidos que delimita cada zona do campo visual (15° na visão central, 60° no ergorama e 180° no panorama), resulta em uma relação de proporções e não de valores em unidades de área. As ditas proporções foram extraídas da coluna 2e da planilha base para o processamento de dados (Figura 26, pág.80).

Já que esta análise independe das condições de iluminação, é realizada uma vez para os três modelos de simulação nas duas direções da visão em cada uma das 7 alturas dos olhos, para um total de 42 avaliações da distribuição dos componentes arquitetônicos no campo visual. A ilustração destas avaliações é elaborada em gráficos de barras, os quais permitem identificar a variação do conteúdo do campo visual quando varia a altura da linha de visão.

#### 4.1.1 Direção da visão 1

Tal como foi descrito na metodologia, a direção da visão 1 forma um ângulo de 45° com as normais das paredes, desde a posição

do observador. Inscrito dentro do quadrante positivo x,y, o foco desta direção da visão está localizado próximo ou na esquina superior esquerda na planta de cada modelo e marcado na cor amarelo, assim como foi apresentado na Figura 25 (pág.76).

#### 4.1.1.1 Modelo A

O Modelo A da Figura 21 (pág.72) se refere a uma sala retangular com pé direito uniforme. A Figura 29 contém a sequência de imagens da variação da ocupação dos componentes arquitetônicos em cada campo visual quando a altura da linha de visão varia de 0,44m até 1,19m. Estas imagens facilitam a compreensão de como a altura da linha de visão altera este conteúdo e a distribuição acima - abaixo dos componentes em relação a ela.

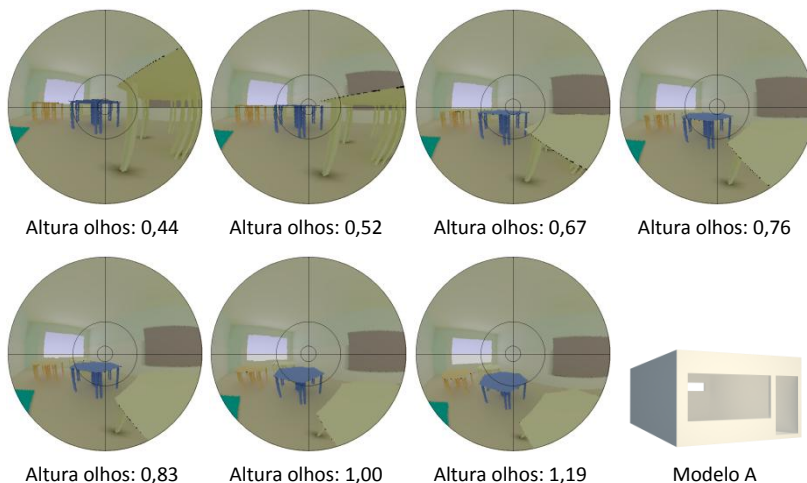


Figura 29: Sequência de cenas visuais quando a altura dos olhos varia de menor a maior. Direção da visão 1-Modelo A

A influência da variação da altura da linha de visão pode ser observada nos gráficos da Figura 30. Cada gráfico possui as informações sobre cada uma das zonas do campo visual. No eixo X estão dispostos todos os componentes do modelo arquitetônico, presentes ou não na direção da visão avaliada. No eixo Y está a porcentagem de área ocupada por cada um destes componentes.

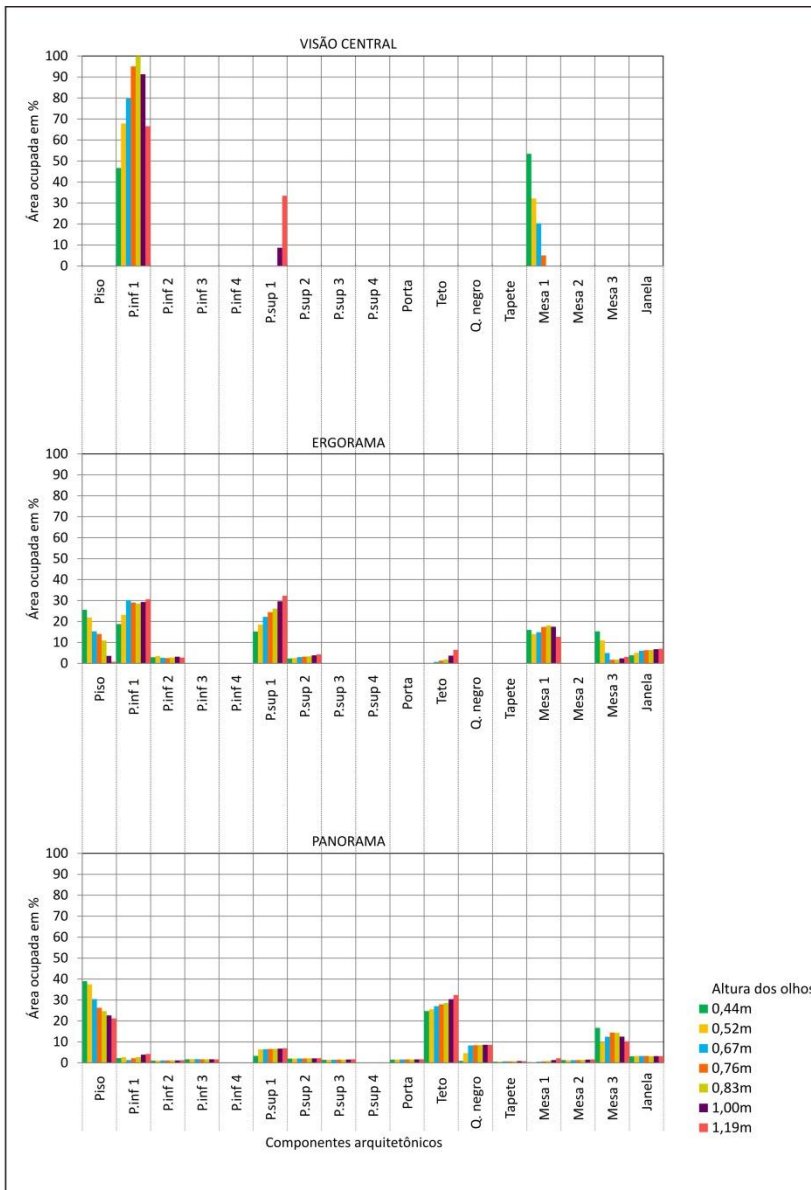


Figura 30: Ocupação dos componentes nas zonas do campo visual.  
Direção da visão 1- Modelo A

Por estar definida por um ângulo sólido pequeno, a **visão central** abrange poucos componentes arquitetônicos segundo a altura na qual se encontra a linha de visão. Entre 0,44m e 0,76m os 2 elementos presentes são a parte inferior da parede 1 e a mesa 1. Para estes quatro casos a área da parede 1 aumenta com a altura da linha de visão de 46,7% até 95%, enquanto a área ocupada pela mesa 1 diminui de 53,4% para 5%. Esta variação pode ser verificada na sequência da Figura 29 na qual aparece a mesa 1 (em azul) ocupando a maior parte desta zona. A quantificação da variação da ocupação destes dois componentes pode ser conferida na Figura 30. A partir de 0,83m, situação na qual a parte inferior da parede 1 ocupa a totalidade da visão central, a proporção deste componente quando as alturas são de 1,00m e 1,19m diminui de forma inversa à altura, sendo de 91,3% e 66,56% respectivamente. Nestas duas alturas o segundo componente é a parte superior da parede 1, que aumenta em proporção diretamente com a altura da linha de visão de 8,7% até 33,44% (Ver Figura 29 e Figura 30).

A quantidade de componentes presentes no **ergorama** aumenta devido ao fato de possuir um ângulo sólido maior (Figura 30). A área que alguns destes componentes ocupa está influenciada por sua relação com a direção da visão como, por exemplo, a parede 3, o tapete ou o quadro negro. O componente que ocupa maior área desta zona é a parede 1, tanto a parte inferior como a superior, tendendo a aumentar o tamanho de ambas diretamente com a altura da linha de visão: de 18,77% até 30,58% na parte inferior e, de 15,21% até 32,26% na parte superior. O segundo componente que ocupa maior área é o piso. A área ocupada por ele diminui quando a altura da linha de visão aumenta (de 25,56% até 1,00%), estando presente nas 7 alturas avaliadas e com a maior área quando a altura é 0,44m. A parte inferior e superior da parede 2, tanto como a janela, ocupam menos de 10% do ergorama, aumentando quando a altura da linha de visão aumenta. O teto aparece a partir de 0,67m de altura aumentando sua área nesta zona proporcionalmente com a altura da linha de visão, chegando a valores que não superam 10%. Em relação ao mobiliário, a mesa 1 está presente no ergorama dos 7 campos visuais, sendo que na altura de 0,83m abrange a maior área, com 18,08%.

Já no **panorama**, as maiores áreas são ocupadas pelo piso e teto. O primeiro destes componentes diminui sua proporção nesta

zona (de 39% a 21,2%) quando a altura da linha de visão é afastada desta superfície, ou seja, quando aumenta a altura, enquanto o teto acrescenta sua área nesta mesma condição (de 24,73% até 32,41%). A ocupação dos outros componentes pode ser verificada graficamente na Figura 29 e sua respectiva quantificação na Figura 30. Excetuando a mesa 3, que ocupa entre 10%, quando a altura é de 0,52m e 1,19m, até 17% quando a altura é de 0,44m. Os demais componentes ocupam menos de 10% da zona. A parte superior e inferior da parede 4 não aparece em nenhuma das três zonas, já que este componente está localizado por trás da direção da visão dos observadores.

A leitura dos gráficos deste caso é a mesma para os gráficos das outras avaliações da distribuição dos componentes da arquitetura dos Modelos B e C.

#### 4.1.1.2 Modelo B

A sala de aula definida pelo Modelo B possui uma planta quadrada e pé direito uniforme (Figura 22, pág.73).

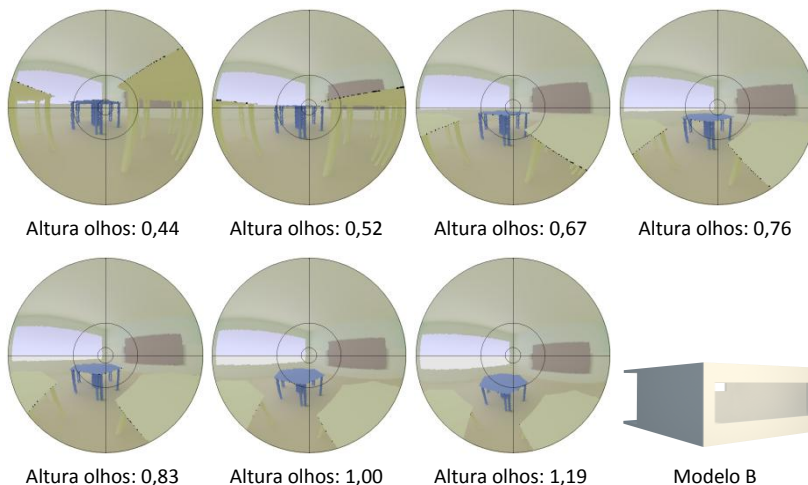


Figura 31: Sequência de cenas visuais quando a altura dos olhos varia de menor a maior. Direção da visão 1-Modelo B

Os gráficos de quantificação das áreas ocupadas pelos componentes da seqüência da Figura 31, são expostos no APÊNDICE A (pág.152).

Embora o ângulo sólido da **visão central** seja o mesmo da situação anterior, o número de componentes que ocupam esta zona aumenta a quatro, variando segundo a altura da linha de visão. Isto é devido a que a área da sala de aula é maior e a distância entre a localização dos observadores e as superfícies aumentou. O piso é o componente que aparece só quando a altura da linha de visão é de 0,44m e ocupa 4,2% da zona, enquanto a parte inferior da parede 1 está presente em todas as alturas da linha de visão, aumentando sua ocupação quando dita altura se encontra entre 0,44m (25,32%) até 0,83m (49,36%), altura na qual começa a diminuir sua proporção nesta zona (32,8% em 1,19m). O comportamento da ocupação da parte inferior da parede 2 é similar, variando de 16,94% até 30,38% (entre 0,44m e 0,76m) e caindo para 17,04% quando a altura da linha de visão é 1,19m. Já, as partes superiores das paredes 1 e 2 só estão na visão central quando a altura varia entre 0,83m e 1,19m, sendo que o valor máximo alcançado pela parede superior 1 é de 17,68% e os valores da parede superior 2 não superam 11%. No referente à janela, a área que ocupa aumenta em relação diretamente proporcional com a altura, variando de 6,75% até 21,86%, porém, não aparece quando a altura da visão é de 0,44m. A mesa 1 continua fazendo parte dos elementos que compõem a visão central quando a altura varia entre 0,44m e 0,76m, sendo que na menor altura, sua área ocupa 50% da zona.

No **ergorama**, a proporção na qual a janela aparece possui o mesmo comportamento que na visão central: aumenta quando a altura da linha de visão o faz, variando de 14,61% até 22,3%. No caso do piso, a maior área da zona é ocupada quando a altura da linha da visão é a menor (26,43%), diminuindo inversamente com a altura até abranger a menor área quando a altura é a maior (2,69%). A outra superfície que tem essa tendência, quanto à área que ocupa, é o teto, que aumenta quando a altura dos olhos aumenta, porém no ergorama não ultrapassa 10%. A parede 1, tanto a parte inferior quanto a superior, tendem a diminuir o tamanho da área ocupada quando a altura da linha de visão decresce, variando de 13,33% para 9,78% e de 15,74% para 8,59% respectivamente. A parte superior e inferior da parede 2 ocupa menos de 10% em todas as situações, já que é nesta superfície que se encontra localizada a janela. Os elementos do mobiliário, como o quadro negro e as mesas, aumentam quando a

altura dos olhos aumenta, sendo que a partir de certa altura este aumento não é significativo.

A distribuição dos componentes no **panorama** é dominada por três deles: o piso, o teto, a janela e a mesa 3 (que são as duas mesas cor creme). Como no ergograma, o piso e o teto possuem uma relação inversa e diretamente proporcional, respectivamente, com a altura da linha de visão. O primeiro destes dois diminui de 38,32% para 19,08%, enquanto o segundo aumenta de 24,89% até 33,36% quando as alturas variam de 0,44m a 1,19m. Comparada com as outras duas zonas, as áreas ocupadas pela janela são menores que 10%, aumentando quando a altura dos olhos cresce. Para as duas mesas 3, a área que ocupam quando a altura da visão é de 0,44 é a maior, já que desde essa altura pode ser enxergada a parte debaixo de ambas as mesas, aumentando até as posturas que a teriam como plano de trabalho, ou seja, 0,76m e 0,83m, alturas a partir das quais sua proporção diminui. Finalmente, os outros componentes possuem suas maiores áreas dentro de alguma das outras duas zonas do campo visual, pelo que os valores aqui são inferiores a 8%.

#### 4.1.1.3 Modelo C

A sala de aula definida pelo Modelo C possui planta quadrada e pé direito variável, como foi apresentado na Figura 23 (pág.74).

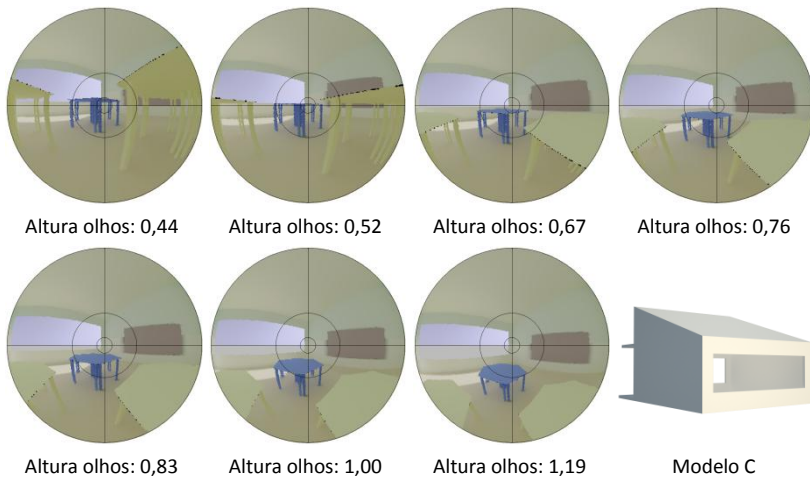


Figura 32: Sequência de cenas visuais quando a altura dos olhos varia de menor a maior. Direção da visão 1-Modelo C

O APÊNDICE A (pág.152) expõe a distribuição dos componentes deste modelo na direção da visão avaliada, apresentados na Figura 32.

Em relação à **visão central**, e devido a que as dimensões e disposição das superfícies deste modelo são iguais às do Modelo B, os componentes presentes nesta zona e sua ocupação são as mesmas do que no modelo anterior: o piso aparece à altura de 0,44m, a parte inferior das paredes 1 e 2 estão presente em todas as alturas enquanto a parte superior e inferior das mesmas são abrangidas por esta zona quando a altura é maior a 0,83m. A janela aparece a partir de 0,52m e a mesa 1 está presente quando a altura vai de 0,44m até 0,76m, sendo menor sua proporção nesta última altura da visão.

Sobre o **ergorama** e o **panorama**, a ocupação dos componentes nestas zonas possui o mesmo padrão do que no Modelo B. Pequenas diferenças aparecem nas áreas da parte superior da parede 1 e do teto quando comparadas com as áreas ocupadas no modelo anterior. Nas duas zonas, a área ocupada pela parte superior da parede 1 aumenta diretamente com a altura, devido ao fato de que esta superfície aumenta seu tamanho pela variação do pé direito. Dentro do ergorama esta ocupação vai desde 8,7% até 17,39%, enquanto no panorama a mudança é dada entre 3,62% até 10,47%. No que se refere ao teto, as áreas ocupadas nas duas zonas do campo visual diminuem quando comparadas com as do Modelo B, porém, no mesmo modelo esta ocupação aumenta, de 0,37% até 7,03% no ergorama e de 22,23% até 28,6% no panorama, na medida em que a altura dos olhos é maior.

#### **4.1.2 Direção da visão 2**

Assim como a direção da visão 1 e como foi descrito na metodologia, a direção da visão 2 também forma um ângulo de 45° com as normais das paredes desde a posição do observador. Inscrito dentro do quadrante positivo x,y, o foco desta direção da visão está localizado próximo ou na esquina inferior direita na planta de cada modelo e marcado em azul, assim como foi apresentado na Figura 25 (pág.76).



#### 4.1.2.1 Modelo A

A Figura 33 expõe a sequência pertencente a esta direção da visão.

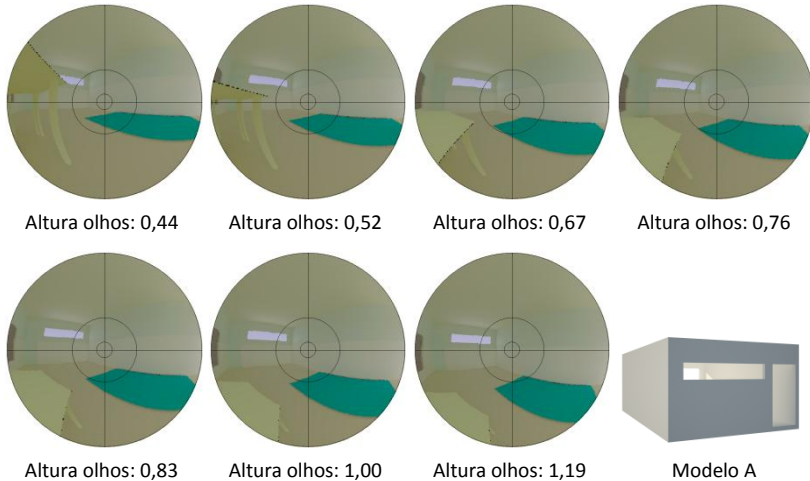


Figura 33: Sequência de cenas visuais quando a altura dos olhos varia de menor a maior. Direção da visão 2-Modelo A

Estando dentro do mesmo espaço, ao deslocar a direção da visão o conteúdo do campo visual muda completamente. Aparecem componentes que não fazem parte do campo visual na primeira direção avaliada e outros que não ocupavam muita área, aumentaram-na. A explicação dos gráficos do APÊNDICE B (pág.154) é apresentada a seguir.

Na **visão central** só um dos componentes ocupa esta zona do campo visual em todas as alturas: a parte inferior e superior da parede 3. Quando os olhos estão entre 0,44m e 0,83m a parte inferior desta parede ocupa 100% desta zona, enquanto que com 1,00m e 1,19 m de altura, a área está distribuída entre as duas partes, sendo que quando uma delas aumenta sua área ocupada, a outra a diminui.

Igualmente que aos outros casos, o **ergorama** abrange mais componentes que a visão central. Nesta situação, o componente que ocupa maior parte da zona continua sendo a parte inferior da parede 3, sendo de aproximadamente 35% para as 7 alturas. A parte superior desta parede é o segundo componente que ocupa maior área no

ergorama, aumentando na medida em que a altura o faz (de 16,56% até 32,25%). O piso e o tapete diminuem suas áreas ocupadas inversamente com a magnitude da altura, assim: de 18,59% para 10,31% e de 16,85% para 1,54% respectivamente. Os outros elementos arquitetônicos que ocupam parte da zona, como a parte superior e inferior da parede 4 e o teto, aparecem com menos de 10% da área, porém a janela possui menos de 5% da área total do ergorama.

Já no **panorama** os principais componentes são o piso e o teto. No primeiro deles é possível observar que quando a altura da linha de visão aumenta, sua ocupação diminui (de 35,79% para 18,18%), aparecendo a mesa 3 com a área de maior tamanho quando a altura é 0,44m (9,75%) já que desde esta localização é possível enxergar a parte inferior e os apoios dela. A parede 3, parte inferior e superior, continua ocupando parte do panorama com aproximadamente 10% da área em ambos casos. Nesta zona, a janela, assim como a parede 4, ocupam menos de 5%, isto é devido a suas dimensões e a distância à qual se encontram do observador.

#### 4.1.2.2 Modelo B

Como nos casos anteriores, a sequência que indica as variações no campo visual quando a altura da linha de visão aumenta, é apresentada na Figura 34 e no APÊNDICE B (pág.154).

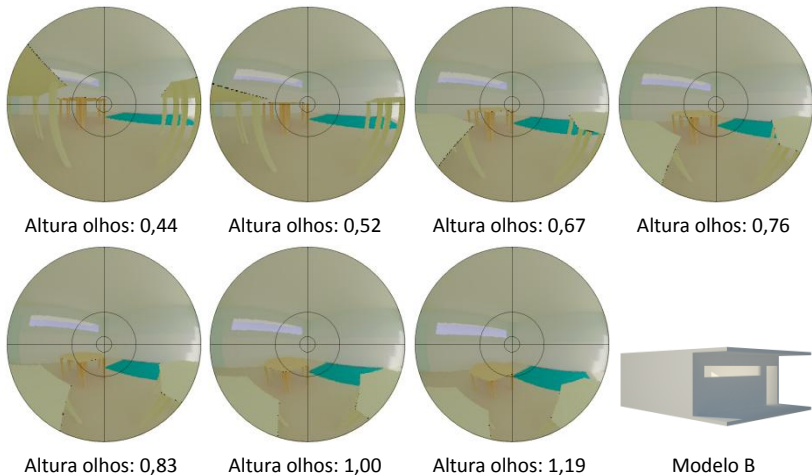


Figura 34: Sequência de cenas visuais quando a altura dos olhos varia de menor a maior. Direção da visão 2-Modelo B

Os componentes da arquitetura que ocupam a **visão central**, ao igual que na direção da visão 1, são quatro: a parte inferior e superior das paredes 3 e 4, a mesa 3 e o piso. Este último componente só é visto nesta zona quando a altura dos olhos é de 0,44m, ocupando 2% dela. Das paredes 3 e 4, a maior área é ocupada pela parte inferior destas, aumentando seu tamanho diretamente com a altura dos olhos: quando a altura chega até 0,76m, a parte inferior da parede 3 ocupa entre 38,49% e 50,16%, enquanto esta parte da parede 4 ocupa de 23,67% até 48,39% em 0,83m de altura, pois a partir destas duas alturas a área ocupada decresce inversamente à magnitude da altura. A parte superior destas duas paredes ocupa uma área da visão central a partir de 0,83m, com cerca de 1,13% e 17,65% respectivamente. Tal como pode ser observado na sequência desta avaliação, a mesa 2 (cor laranja) só aparece nas três primeiras alturas.

No **ergorama**, a parte inferior da parede 3 apresenta a mesma área ocupada em todas as alturas, abrangendo 20% da zona enquanto que, a parte inferior da parede 4 e a superior da parede 3 e 4 possuem a mesma tendência que no ergorama: aumentam sua área ocupada quando a altura também aumenta. Tal ocupação máxima é de 19,14% na parte superior da parede 3. O tamanho da área ocupada pelo piso nesta zona é inverso à altura dos olhos, abarcando entre 4,72% até 26,24%. O teto, tapete e janela fazem parte do ergorama com menos de 10% de área, cada um deles. Em relação à mesa 2, quando a altura é de 0,44m sua área é de 12,37%, sendo a de maior tamanho nas 7 alturas consideradas.

Como nas outras avaliações, no **panorama**, a proporção na qual o piso aumenta tem relação inversa com a altura, ocupando entre 37,77% e 19,22%. Já com o teto, a relação é direta aumentando de 26,31% a 33,66%. A mesa 2 diminui a proporção de sua área ocupada (menos de 5%) e as duas mesas 3 ocupam até 16,25% da área total do panorama, quando a altura da visão é 0,44m. A área ocupada pelos outros componentes que estão presentes nesta zona do campo visual não sobrepassa 10% da área, em nenhuma das 7 avaliações.

#### 4.1.2.3 Modelo C

Neste modelo, a direção da visão avaliada compreende a parede de maior superfície, já que o pé direito desta sala é variável e nesta direção está localizada a maior altura.

A Figura 35 e o APÊNDICE B (pág.154), exibem a sequência e a correspondente explicação quantitativa sobre a mudança da ocupação dos componentes da arquitetura.

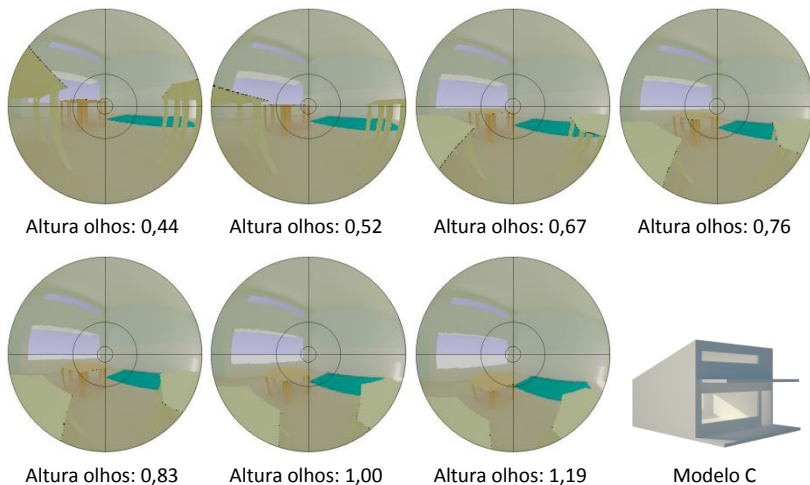


Figura 35: Sequência de cenas visuais quando a altura dos olhos varia de menor a maior. Direção da visão 2-Modelo C

A área ocupada por alguns dos componentes deste modelo na **visão central** não difere da apresentada no Modelo B. O piso, por exemplo, só aparece nesta zona quando a altura da visão é 0,44m; a parte superior das paredes 3 e 4 possuem a mesma tendência a aumentar diretamente com a altura, abarcando entre 1,13% até 15,11% e 17,68%, respectivamente, quando a visão se encontra a 0,83m e 1,19m do piso. As áreas ocupadas pela parte inferior da parede 3 são as mesmas apresentadas no Modelo B, já que esta seção desta superfície é igual nos dois modelos, fazendo com que tais áreas aumentem sua ocupação entre 0,44m (38,49%) até 0,76m e 0,83m (50%), altura a partir da qual a ocupação decresce (32,8%). Tal como pode ser observado na sequência, uma porção da mesa 2 (cor laranja) só aparece nas quatro primeiras alturas. Já a parte superior da parede 4 diminuiu o tamanho máximo da área que ocupa (40%) em relação ao Modelo B, pois a abertura mais baixa desta superfície é de maior área, fato que permite que a visão central, seja ocupada por parte da janela, aumentando sua ocupação com a altura (entre 0,64% e 9%).

Sobre o **ergorama**, aqueles componentes que mantêm as mesmas porções de área ocupada compreendidas no Modelo B são: o piso, o tapete, a mesa 2, a parte inferior da parede 3 e, com pequenos acréscimos, a parte superior desta parede. O tamanho da área ocupada pela janela 2 nesta zona aumenta em relação à visão central e o ergorama do Modelo B, ocupando entre 12,26% e 21,16%, diretamente com o aumento da altura da linha de visão. A parte inferior e superior da parede 4 ocupa menos de 5% da totalidade da área da zona, pela mesma razão exposta na visão central e que faz com que a área ocupada pela janela seja maior nas sete alturas desta avaliação. Para o teto, a ocupação deste mesmo componente no Modelo B diminui (menos de 1,5%), por se tratar da direção na qual o pé direito é mais alto, o que faz com que este esteja mais afastado (em altura) da linha de visão.

Já no **panorama**, aqueles componentes que aumentam o tamanho de sua superfície aumentam também o tamanho de sua área ocupada nesta zona. Os ditos componentes são a parte superior da parede 3 e 4 e as janelas 2 e 3, dispostas na parede 4 e que ocupam até 7,57% da zona. Embora o teto aumente sua área ocupada em relação ao ergorama (16,92% até 21,21%), ela diminui em comparação com o panorama do Modelo B. A ocupação dos demais componentes nesta zona possui o mesmo padrão do que no Modelo B: o piso aumenta o tamanho de sua área ocupada inversamente proporcional à altura da visão, variando de 37,77% para 19,22%; a mesa 2 diminui tal área (menos de 5%) e, as duas mesas 3, ocupam até 16,25% da área total do panorama quando a altura da visão é 0,44m. Os outros componentes vistos pelo panorama ocupam, cada um deles em cada avaliação, menos de 2% da totalidade da zona.

#### **4.2 DISTRIBUIÇÃO DAS $L_{médias}$**

A segunda parte a ser analisada tem em consideração a distribuição das luminâncias dos componentes nas zonas do campo visual. Como esta disposição é afetada pelas condições da fonte de luz, neste caso, o céu visto através das janelas, são realizadas quatro análises para cada modelo nas duas orientações e dois horários estabelecidos na metodologia.

Os resultados desta avaliação são expostos em gráficos de pontos, realizados a partir dos dados das colunas 2d e 3c da planilha

base para o processamento de dados e estão agrupados de acordo com as zonas do campo visual. A cada modelo de simulação correspondem três figuras conformadas por quatro gráficos, os quais a sua vez possuem os dados das sete alturas avaliadas. No eixo X estão dispostos todos os componentes do modelo arquitetônico, presentes ou não na direção da visão avaliada e, no eixo Y e em escala logarítmica, está a luminância média de cada componente em  $\text{cd/m}^2$ .

As duas direções da visão correspondem às direções utilizadas nas análises da distribuição dos componentes arquitetônicos, tal como estão indicadas na Figura 25 (pág.76): em amarelo o foco da direção da visão 1 e em azul o foco da direção da visão 2, localizando o observador no centro de cada modelo de sala de aula.

#### 4.2.1 Direção da visão 1

##### 4.2.1.1 Modelo A

A Figura 36 (pág.101) apresenta os resultados da distribuição da luminância média na **visão central**. Aqueles valores da luminância diferentes de  $0\text{cd/m}^2$  pertencem às porções dos componentes que são enxergadas por esta zona, para todas ou algumas das alturas avaliadas. No caso da parte inferior da parede 1, que está presente em todas as alturas da visão, a magnitude da luminância aumenta gradativamente com a altura. Na Situação I (norte  $0^\circ 09$  horas) se dão os menores valores, seguida da Situação III (norte  $90^\circ 09$  horas) e Situação II (norte  $0^\circ 15$  horas), respectivamente. A Situação IV (norte  $90^\circ 15$  horas) apresenta as maiores luminâncias médias. Assim, os valores máximos e mínimos desta porção do componente variam entre  $829\text{cd/m}^2$  e  $1.216\text{cd/m}^2$  na Situação I, e entre  $2.249\text{cd/m}^2$  e  $2.629\text{cd/m}^2$  na Situação II.

Como a parte superior da parede 1 é só visível nesta zona em duas das alturas (1,00m e 1,19m), não é possível identificar a relação na qual a luminância média cresce ou decresce em relação à altura dos olhos. Porém, os valores da luminância média, desta porção do componente, estão localizados na mesma região do gráfico (entre  $1.000\text{cd/m}^2$  e  $1.0000\text{cd/m}^2$ ). Na Situação I quando a altura é de 1,00m se dá a luminância média mínima ( $1.111\text{cd/m}^2$ ). O valor máximo é na mesma altura da Situação II ( $2.212\text{cd/m}^2$ ). Apesar de que a mesa 1 só é enxergada desde 0,44m até 0,76m, neste caso é possível identificar como aumenta a luminância média diretamente com a altura, sendo

que nas duas primeiras alturas é enxergada a parte debaixo da mesa e as luminâncias médias aqui são menores. Os valores máximos e mínimos são alcançados com Norte 0°, nas Situações I e II. Estas luminâncias médias variam de 106cd/m<sup>2</sup> até 330cd/m<sup>2</sup> para a primeira delas, e de 265cd/m<sup>2</sup> até 691cd/m<sup>2</sup> para a segunda.

Dentro dos componentes que aparecem no **ergorama** (Figura 37, pág.102) se encontra a janela. Nas quatro situações do Modelo A, as maiores luminâncias médias das 7 avaliações pertencem a esta porção do componente. A Situação I é a única na qual os valores aumentam gradativamente com a altura, devido a que nesta situação as luminâncias do céu são menores que a luminância média do solo exterior, o qual é enxergado através da janela e que junto com o céu compõem a fonte total. Já nas Situações II, III e IV as magnitudes das luminâncias médias da janela decrescem inversamente com a altura dos olhos, pois nestes casos o solo externo possui luminâncias menores às do céu. Assim, as menores luminâncias médias acontecem na Situação I, aumentando de 6.282cd/m<sup>2</sup> até 6.989cd/m<sup>2</sup> enquanto os valores máximos variam de 38.954cd/m<sup>2</sup> para 23.224cd/m<sup>2</sup> na Situação II, segundo as relações com a altura já faladas.

Embora o teto no ergorama não possua áreas muito grandes, como apresentado na análise anterior, a luminância média que alcança nas 7 avaliações de cada situação está no intervalo que vai desde 579cd/m<sup>2</sup> na Situação I quando a altura é de 0,44m até 2.122cd/m<sup>2</sup> quando a altura é de 1,19m na Situação II. Estes altos valores, quando comparados com os valores alcançados pelos outros componentes, são devidos a que a porção de teto enxergada pela zona é próxima à janela. As outras luminâncias do componente se encontram dentro desta faixa, aumentando sua magnitude quando a altura dos olhos cresce. A parte superior e inferior da parede 1, junto com o piso, são os componentes de maior área no ergorama. Em relação à parte inferior, o valor da luminância média aumenta com a altura só na Situação IV, na qual são alcançadas as máximas luminâncias (2.377cd/m<sup>2</sup> até 3.244cd/m<sup>2</sup>) já que há luz solar incidindo na superfície. Já nas situações I, II e III os valores diminuem com a altura, caindo até 951cd/m<sup>2</sup> a 1,19m do piso na Situação I, na qual os valores são os menores para este componente. Esta queda dos valores se dá devido a que o tamanho da porção da superfície aumenta e não há luz direta do sol sobre ela. Já na parte superior, as condições da

Situação II fazem com que a maior luminância alcançada se de ali, com  $2.016\text{cd/m}^2$ , quando a altura é de  $0,44\text{m}$ . Embora, a luz do sol não seja direta sobre a superfície, os níveis das luminâncias internas deste caso produzem um ambiente mais claro, quando comparados com os níveis das situações III e IV (que também possuem luz solar em superfícies internas). O menor valor da luminância média é  $976\text{cd/m}^2$ , na Situação I quando a altura é de  $1,19\text{m}$ . Para este componente, nas quatro situações, a magnitude da luminância é reduzida quando a altura aumenta.

O piso é o segundo componente de maior atuação no ergorama, o qual aumenta a luminância média na medida em que o tamanho de sua área diminui, assim como foi apresentado na distribuição dos componentes do Modelo A. A luminância média alcança  $360\text{cd/m}^2$  quando a altura dos olhos é de  $0,44\text{m}$  na Situação I. Quando a altura é  $1,19\text{m}$ , na Situação IV, se dá o maior valor com  $6.427\text{cd/m}^2$ , isto é devido a que nesta condição há luz do sol nessa direção e incidindo sobre a maior porção da superfície do piso. Este intervalo abarca as luminâncias das outras avaliações.

As porções vistas das mesas 1 e 3 aumentam a luminância média conforme a altura aumenta. Contudo, as alturas que podem ser afetadas pelos níveis de luminância alcançados são aquelas nas que a mesa é o plano de trabalho. As ditas alturas estão entre  $0,67\text{m}$  até  $1,00\text{m}$ . Desde a localização do observador, nas situações II, III e IV há luz direta do sol em ambas as mesas, em parte delas e só na mesa 1, respectivamente. A maior magnitude chega até  $6.632\text{cd/m}^2$ , localizada sobre a superfície da mesa 3 da Situação II, quando os olhos estão a  $1,00\text{m}$  do piso.

Na zona do **panorama** os componentes que apresentam maior variação dos valores da luminância média nas sete avaliações são: a janela e as mesas (Figura 38, pág.103). No caso da janela, a magnitude da luminância cresce, gradativa e diretamente, com a magnitude da altura da linha de visão na Situação I e IV, enquanto na Situação II e III esta relação é inversa. Assim, o maior valor alcançado quando a altura é de  $0,44\text{m}$  é de  $30.345\text{cd/m}^2$ , na Situação III e o menor, nesta altura, é  $6.085\text{cd/m}^2$  na Situação I. Já quando a altura dos olhos é  $1,19\text{m}$  os valores variam entre  $7.043\text{cd/m}^2$  e  $19.347\text{cd/m}^2$ , na Situação I e II, respectivamente.



Em relação às mesas, nesta área são enxergadas porções das quatro mesas e a tendência é que a magnitude da luminância aumente com a altura. A Situação II é na única na qual os maiores valores da luminância média da mesa 1 são alcançados nas duas menores alturas, devido a que o tamanho da área desta porção do componente é o menor. Contudo, o valor máximo e mínimo da mesa 1 abrange o intervalo entre  $809\text{cd/m}^2$  e  $141\text{cd/m}^2$ , ambos os valores quando a altura é de  $0,44\text{m}$  das situações II e IV. A mesa 2 possui a maior luminância na Situação II, quando a luz direta do sol atinge sua superfície. Tal luminância média é de  $5.173\text{cd/m}^2$ , quando os olhos estão a  $1,19\text{m}$  do piso, enquanto a menor luminância é de  $398\text{cd/m}^2$  na altura de  $0,44\text{m}$ , na Situação I. No caso das mesas 3, tais valores variam entre  $425\text{cd/m}^2$  e  $1.495\text{cd/m}^2$  nas situações IV e II, a  $0,44\text{m}$  e  $1,19\text{m}$ , respectivamente. As luminâncias desde outras alturas estão dentro dos intervalos mencionados. O quadro negro só é enxergado nesta zona, possuindo pouca variação da luminância média através da altura. A magnitude desta luminância, quando a altura da visão é  $0,44\text{m}$  vai desde  $189\text{cd/m}^2$  até  $272\text{cd/m}^2$ , na Situação I e II. Já quando a altura é  $1,19\text{m}$ , a variação da luminância é de  $186\text{cd/m}^2$  até  $274\text{cd/m}^2$ , nas situações IV e II, respectivamente.

O piso e o teto também não possuem grandes variações quando a altura da visão aumenta. Só na Situação II o piso apresenta este tipo de variações, aumentando a magnitude da luminância na medida em que a altura o faz. É nessa mesma situação que ambos componentes possuem as máximas luminâncias médias, que no caso do piso variam entre  $1.194\text{cd/m}^2$  e  $1.948\text{cd/m}^2$ , na menor e maior altura dos olhos, respectivamente. Já para o teto estes valores definem o intervalo entre  $1.606\text{cd/m}^2$  e  $1.706\text{cd/m}^2$  (nas alturas  $1,19\text{m}$  e  $0,44\text{m}$ ). A relação em que a magnitude da luminância aumenta segundo a altura da visão para o caso do teto, é inversa. Assim, o menor valor para este componente é quando a altura da linha de visão é  $1,19\text{m}$ , na Situação I, com  $822\text{cd/m}^2$ . O valor mínimo para o piso é de  $479\text{cd/m}^2$ , na Situação I, com menos de 1% entre este valor e o máximo desta situação.

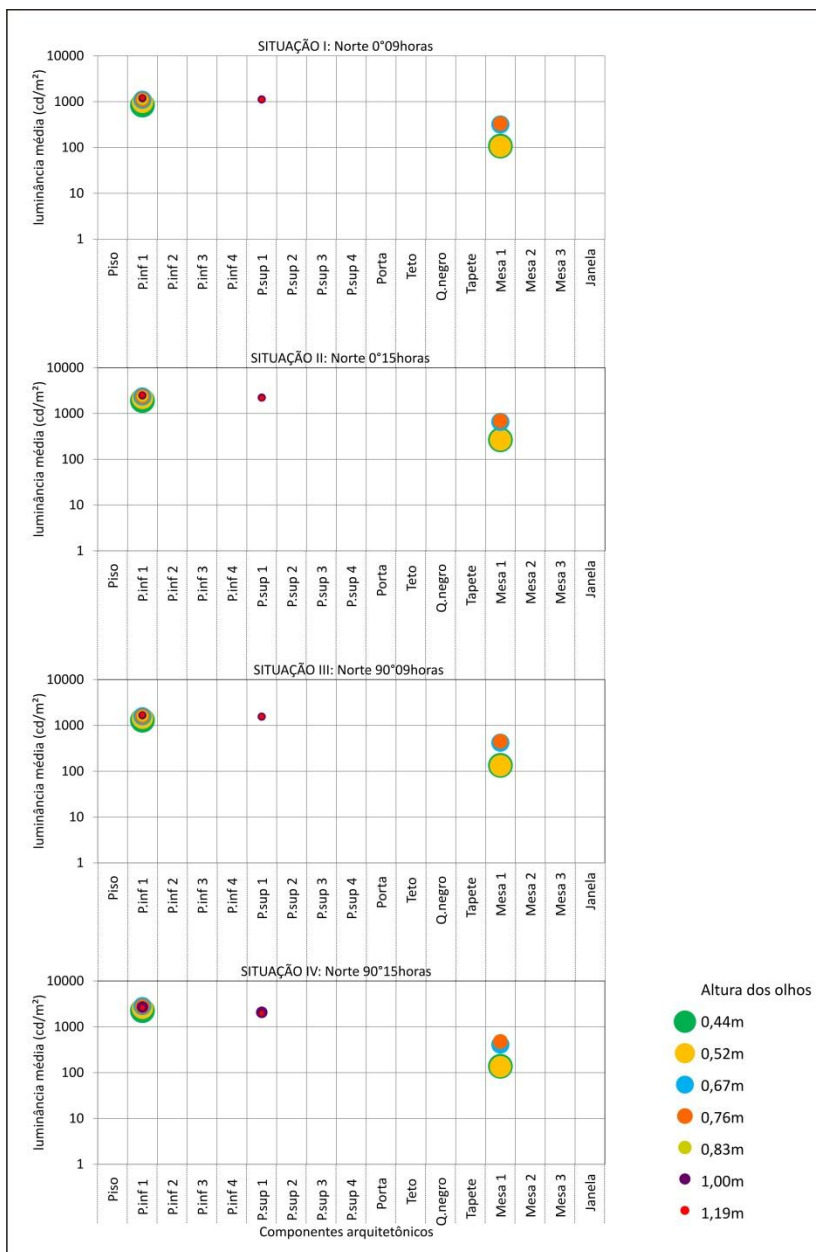


Figura 36: Distribuição das luminâncias na visão central. Dir. da visão1- Modelo A

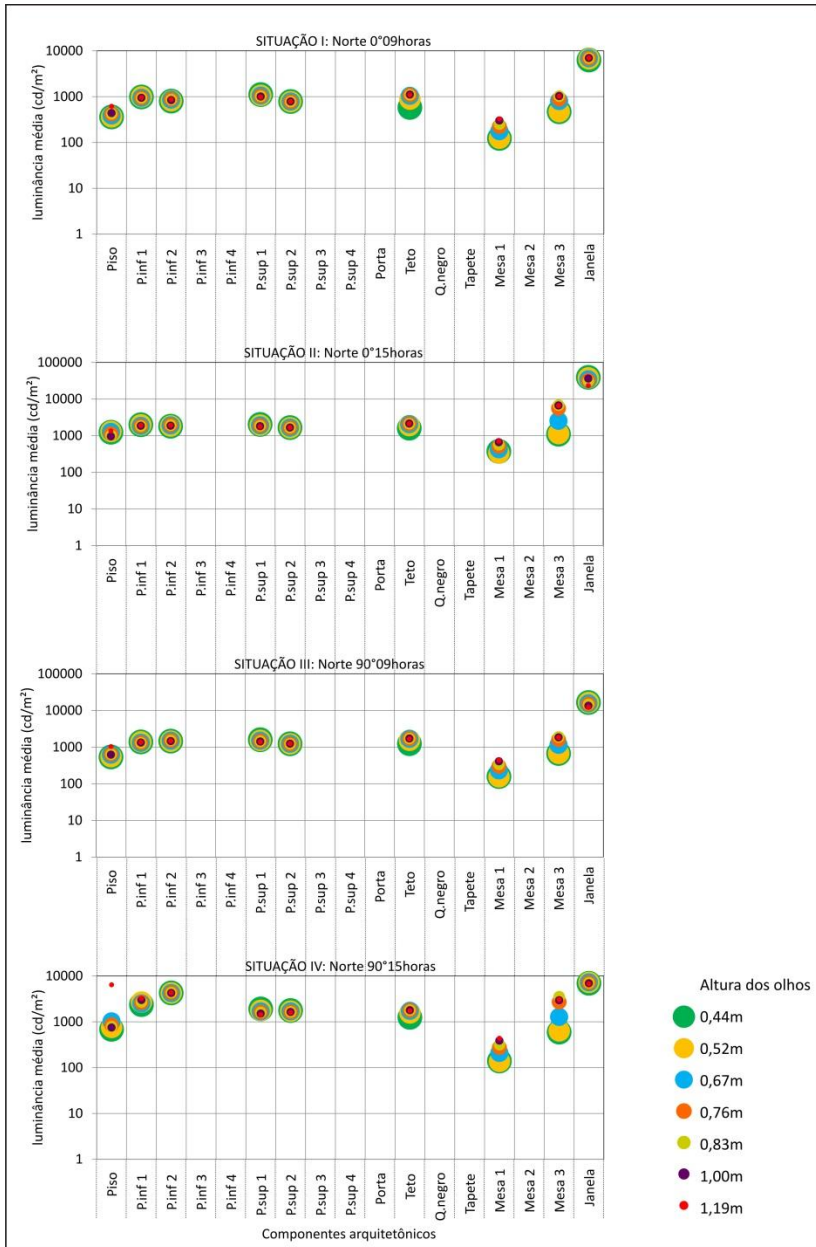


Figura 37: Distribuição das luminâncias no ergograma. Dir. da visão1- Modelo A

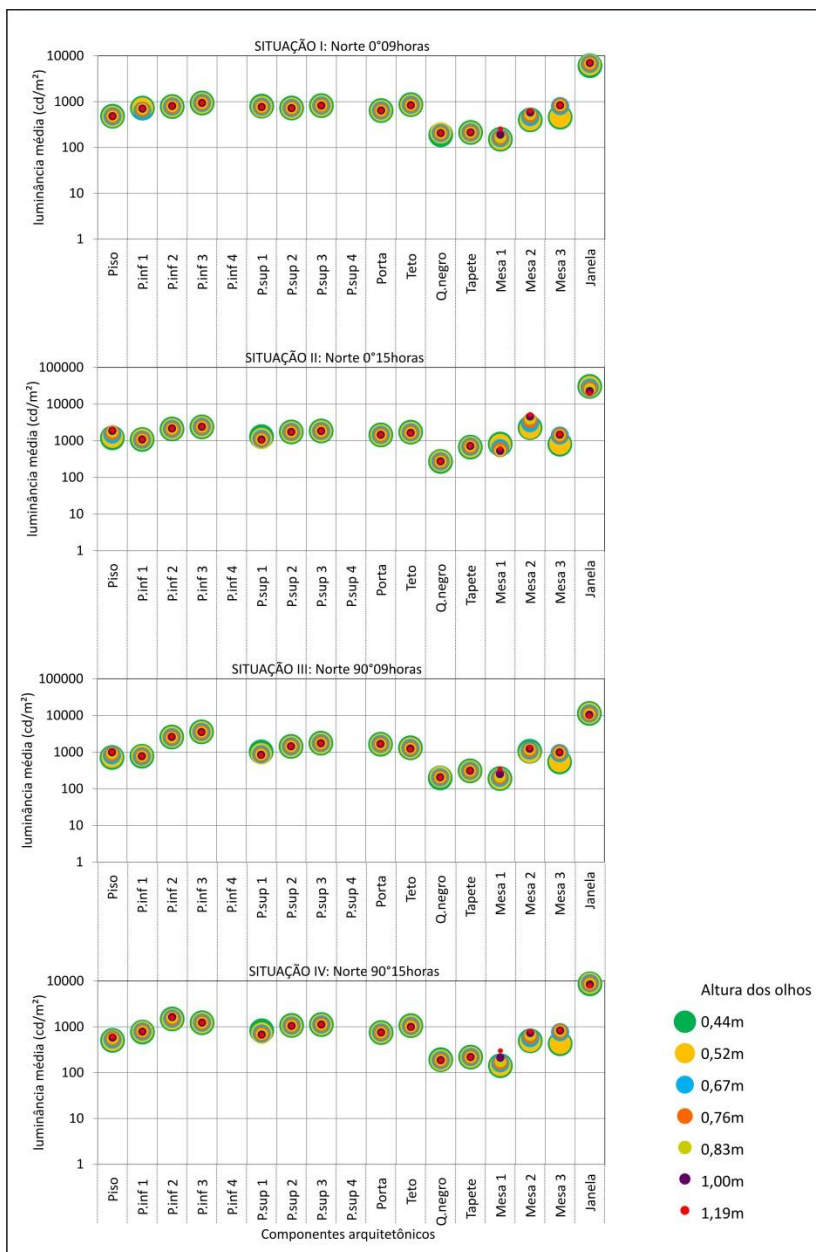


Figura 38: Distribuição das luminâncias no panorama. Dir. da visão1- Modelo A

No APÊNDICE C (pág.157) são apresentadas as imagens da distribuição das luminâncias nas sete avaliações de cada situação.

#### 4.2.1.2 Modelo B

Para este modelo, esta análise é realizada da mesma forma como foi apresentada no modelo anterior. As situações correspondentes a este modelo são a V, VI, VII e VIII.

Nos gráficos correspondentes ao Modelo B no APÊNDICE C (pág.157), os componentes presentes na **visão central** possuem luminâncias menores que a janela, excetuando a Situação VIII, pois nela a parte inferior da parede 1 ultrapassa a magnitude da luminância média da fonte. Contudo, a magnitude da luminância em todas as situações é inversamente proporcional com a magnitude da altura da visão. Das outras três situações avaliadas, as maiores luminâncias médias pertencem à Situação VI, na qual os valores definem o intervalo entre 16.752cd/m<sup>2</sup> e 28.838cd/m<sup>2</sup>, de maior a menor altura como já foi dito. Os menores valores são então os obtidos na Situação VIII, que variam entre 7.572cd/m<sup>2</sup> e 6.332cd/m<sup>2</sup>. A faixa definida pelo valor máximo da Situação VI e o valor mínimo da Situação VIII, abarca as magnitudes da luminância média da janela de todas as avaliações.

Os seguintes componentes que mais podem influir tanto pela área ocupada quanto pela luminância média são a parte inferior da parede 1 e 2. Ambos estão presentes nas sete alturas e a tendência é que a magnitude de sua luminância média cresça na medida em que a altura o faz. De forma geral, a parte inferior da parede 1 alcança maiores luminâncias quando comparada com a mesma parte da parede 2. Em relação à parede 1, na Situação VIII há luz solar incidindo sobre esta porção da superfície, o que faz com que nesta situação as luminâncias médias sejam as maiores. Tais valores estão entre 11.878cd/m<sup>2</sup> e 11.287cd/m<sup>2</sup> e é esta a única situação, na que o maior valor corresponde a menor altura, devido à localização da mancha de sol. Já os menores valores para este componente estão na Situação V, variando entre 1.088cd/m<sup>2</sup> e 1.577cd/m<sup>2</sup>.

Para a parte inferior da parede 2, a Situação VIII tem luminâncias médias que variam entre 4.004cd/m<sup>2</sup> e 4.927cd/m<sup>2</sup>, correspondendo às maiores magnitudes. As menores luminâncias variam entre 910cd/m<sup>2</sup> e 1.082cd/m<sup>2</sup>, pertencendo à Situação V.

Os outros componentes que estão presentes em algumas das alturas são o piso, a parte superior da parede 1 e 2 e a mesa 1. O piso, presente nas duas primeiras alturas, possui as maiores luminâncias médias na Situação VIII e as menores correspondem à Situação V. Em relação à parte superior das paredes 1 e 2, as maiores variações, assim como as magnitudes, são alcançadas na Situação VIII, enquanto que as menores magnitudes são dadas na Situação V. Já para a mesa 1, a Situação VI apresenta as maiores luminâncias médias para as quatro primeiras alturas nas que este componente faz parte da visão central.

As luminâncias no **ergorama** estão distribuídas entre o quadro negro, a janela, o piso, o teto, as paredes 1 e 2 e as mesas 1 e 3. Nesta zona, a janela continua sendo o componente com os maiores valores da luminância média, excetuando a Situação VIII na qual a parte inferior da parede 1 possui maiores luminâncias que a janela. As maiores luminâncias deste componente correspondem à Situação VI, já que nesta condição o céu possui maiores luminâncias nesta direção. A faixa que define a variação das ditas luminâncias vai de  $5.800\text{cd/m}^2$ , na altura de 0,44m da Situação V, até  $37.039\text{cd/m}^2$  na mesma altura da Situação VI. A tendência, na que a magnitude da luminância média da janela varia segundo a luminância do céu e a porção de solo externo que é enxergado, é a seguinte: Nas situações V e VIII ela aumenta diretamente com a altura, já que a luminância média do céu não é muito diferente da luminância média do solo externo; já nas situações VI e VII, a luminância média da janela diminui com a altura. O anterior acontece devido a que a luminância do solo externo é menor, quando comparada com a luminância média do céu nesta direção, fato que reduz a luminância média da janela na medida em que aumenta a porção de solo externo enxergado.

Em relação à porção de piso enxergado nesta zona, as luminâncias mais altas são alcançadas nas situações VI e VIII, na qual há luz direta do sol e esta incide na maior parte desta superfície. Tais valores são  $3.836\text{cd/m}^2$  (a uma altura de 0,44m) e  $4.345\text{cd/m}^2$  (a uma altura de 1,19m). O menor valor alcançado por esta superfície é de  $536\text{cd/m}^2$ , correspondendo à Situação V, quando a altura da linha de visão é 0,44m. Para este componente, a luminância aumenta sua magnitude diretamente com a altura nas situações V, VII e VIII. Quanto a Situação VI, essa relação é inversa devido a que a porção da superfície ensolarada diminui quando a altura cresce.

Embora o teto possua pouca área no ergorama, apresenta luminâncias que variam entre  $922\text{cd/m}^2$  (olhos a  $0,44\text{m}$  do piso) e  $2.640\text{cd/m}^2$  (a  $1,19\text{m}$ ) correspondentes às situações V e VIII. Em relação às paredes 1 e 2, tanto a parte inferior quanto a superior, nas três primeiras situações, não há variações significativas na magnitude da luminância quando varia a altura da linha de visão. Na Situação VIII, a variação da luminância é mais significativa. No caso das áreas superiores de ambas as superfícies, o valor da luminância tende a aumentar inversamente com a altura. Nas áreas inferiores das paredes a tendência é a mesma, excetuando a Situação VIII, na que esta relação é diretamente proporcional, por abranger a maior porção de área ensolarada na maior altura. Contudo, o intervalo que abarca as luminâncias da área inferior de ambas as paredes, em todas as situações, vai desde  $935\text{cd/m}^2$  (altura  $0,44\text{m}$ , Situação V, parede 2) até  $8.172\text{cd/m}^2$  (altura  $1,19\text{m}$ , Situação VIII, parede1). A área superior está definida pelo intervalo  $868\text{cd/m}^2$  (altura  $0,44\text{m}$ , Situação V, parede 2) até  $3.298\text{cd/m}^2$  (altura  $1,19\text{m}$ , Situação VIII, parede1).

Como o quadro negro nesta zona possui pouca variação nos valores da luminância, não é possível identificar a tendência na qual este valor muda em função da altura dos olhos. Porém, as maiores luminâncias correspondem à Situação VIII e as menores à Situação V. Para a mesa 1 e 3, desde a localização do observador, a luminância cresce quando a altura dos olhos aumenta, alcançando as maiores luminâncias na Situação VI.

A distribuição das luminâncias no **panorama** é parecida com a distribuição apresentada no ergorama. Porém, aqueles componentes que na zona anterior só eram enxergados desde algumas alturas, nesta zona já são vistos desde as sete alturas de avaliação. A janela continua sendo o componente que possui as maiores luminâncias médias, alcançado os maiores valores na Situação VI, com  $2.5907\text{cd/m}^2$  quando a altura da visão é  $0,44\text{m}$ . Os menores valores da luminância dela correspondem à Situação V, na qual a menor magnitude é  $5.356\text{cd/m}^2$  quando a altura é  $0,44\text{m}$ . A relação do valor da luminância e a altura da linha de visão é a mesma do ergorama, a qual influencia a porção de solo externo que é enxergado e sua luminância média.

No que trata das variações dos componentes em cada situação, nesta zona do campo visual são ainda menores do que na

anterior, fato que pode ser verificado nos valores das luminâncias médias do piso e as mesas.

#### 4.2.1.3 Modelo C

As situações que correspondem a este modelo são a IX, X, XI e XII, cujos gráficos estão no APÊNDICE C (pág.157).

Igualmente que nas situações dos modelos A e B, na **visão central** a distribuição das luminâncias é dada nas paredes 1 e 2, piso, mesa 1 e janela. A janela é o componente que possui as maiores luminâncias, exceto na Situação XII na que as maiores luminâncias pertencem à parte inferior da parede 1. Não obstante, a tendência em que ditos valores da luminância média aumentam, nas quatro situações, são inversamente proporcionais à magnitude da altura. Além do anterior, as situações X e XI possuem maiores luminâncias do céu nesta direção do que as situações IX e XII. Portanto, a maior luminância alcançada corresponde à altura de 0,44m na Situação X com 28.838cd/m<sup>2</sup> e, a menor, 7.117cd/m<sup>2</sup> na altura 1,19m da Situação IX.

Os seguintes componentes que são enxergados desde todas as alturas são a parte inferior da parede 1 e 2. As maiores luminâncias destes componentes correspondem à Situação XII, na qual há luz solar incidindo nestas superfícies. As ditas luminâncias médias são de 13.726cd/m<sup>2</sup> na parte inferior da parede 1, quando a altura é de 0,67m, sendo a maior desta situação, enquanto para a parte inferior da parede 2, este valor é 5.081cd/m<sup>2</sup>, quando a altura é 1,19m. Já os menores valores são enxergados desde 0,44m do piso na Situação IX, na qual a parte inferior da parede 1 possui 1.707cd/m<sup>2</sup>, enquanto, a da parede 2 é de 1.631cd/m<sup>2</sup>.

Já o piso e a parte superior das paredes 1 e 2, que são enxergados desde algumas das alturas, apresentam maior variação das luminâncias médias na Situação XII. O piso aumenta a magnitude da luminância quando a altura da visão decresce, variando entre 1.096cd/m<sup>2</sup> a 1,19m de altura dos olhos, na Situação IX, e 6.983cd/m<sup>2</sup>, na altura de 0,44m da Situação XII. No caso da parte superior das paredes 1 e 2, os intervalos que abarcam as luminâncias dos dois componentes variam entre os valores quando a altura é 0,76m (na Situação IX) e 1,19m (na situação XII). Tal intervalo para a parte



superior da parede 1 é de 1.391cd/m<sup>2</sup> até 7.342cd/m<sup>2</sup>, enquanto para a parede 2 é de 1.379cd/m<sup>2</sup> até 3.058cd/m<sup>2</sup>.

Os valores da luminância média da mesa 3, desde a localização do observador, aumentam diretamente com a altura. Na Situação X são enxergadas as maiores luminâncias médias, devido à luz direta do sol que incide na superfície da mesa.

No **ergorama**, o número de componentes aumenta, devido a que as características arquitetônicas deste modelo são similares com as características arquitetônicas do Modelo B. A distribuição das luminâncias dos componentes nesta zona do campo visual, para este modelo, é a mesma que para o anterior, pelo que é apresentada uma breve descrição de tal distribuição.

Assim como no Modelo B, a distribuição das luminâncias é sobre dez dos componentes e, como nos outros modelos, a janela possui a maior luminância média de cada avaliação. Para este componente, na Situação X são alcançadas as maiores luminâncias, as quais diminuem inversamente com a altura, pelas mesmas razões que acontece isto nos dois modelos anteriores. As menores magnitudes da luminância média correspondem à Situação IX. O intervalo que abrange as luminâncias de todas as situações e todas as avaliações está definido entre 5.800cd/m<sup>2</sup> (altura de 0,44m na Situação IX) e 37.039cd/m<sup>2</sup> (altura de 0,44m na Situação X).

Em relação ao quadro negro, este componente é enxergado desde todas as alturas de avaliação, possuindo os menores valores das luminâncias médias de todos os componentes. Na Situação XII suas luminâncias, assim como as luminâncias dos outros componentes, são as maiores com exceção da mesa 1, cujas maiores magnitudes da luminância correspondem à Situação X.

O teto também faz parte desta zona, com pouca variação nas luminâncias médias dentro de cada situação. Esta pouca variação se repete nas paredes 1 e 2 (tanto parte superior como inferior) nas três primeiras situações, nas quais não há luz solar direta.

No caso do **panorama**, a distribuição das luminâncias é semelhante com a distribuição no ergorama e como nas situações do Modelo B. Igualmente, aqueles componentes que nas outras zonas só eram enxergados por algumas das alturas, nesta zona podem ser visto desde todas elas.

A janela continua sendo o componente que alcança as maiores luminâncias, variando de  $5.356\text{cd/m}^2$  (na Situação IX e altura  $0,44\text{m}$ ) até  $25.907\text{cd/m}^2$  (na Situação X e altura  $0,44\text{m}$ ). O teto, por enquanto, mantém a pouca variação nas luminâncias médias dentro de cada situação, além de não possuir diferenças marcantes com as luminâncias alcançadas na zona anterior.

As luminâncias médias do quadro negro correspondem às menores, quando comparadas com as de outros componentes dentro da zona, com variações dentro do intervalo de  $451\text{cd/m}^2$  à altura de  $1,19\text{m}$ , na Situação IX, até  $610\text{cd/m}^2$  quando a visão está localizada a  $0,44\text{m}$  do piso, na Situação XII.

Já os componentes que variam mais as luminâncias médias dentro de cada situação, são a mesa 1 e 3. A proporção na qual se dá dita variação é direta com a altura e, como nos casos anteriores, as maiores magnitudes correspondem à Situação X, em que há luz direta do sol incidindo nestas superfícies.

## 4.2.2 Direção da visão 2

### 4.2.2.1 Modelo A

O APÊNDICE D (pág.169) contém os gráficos correspondentes às situações do Modelo A nesta direção da visão. Os ditos gráficos indicam como na **visão central** é enxergada a parte inferior da parede 3 desde todas as alturas e, a parte superior desta superfície, sendo que esta última é só visível nas duas maiores alturas, pelo que os valores das luminâncias médias apresentados correspondem a estas avaliações.

A parte inferior da parede 3 apresenta pouca variação entre os valores da luminância média de cada avaliação nas situações II, III e IV. É na situação I (com presença de luz solar em superfícies internas) na que esta variação é a maior e permite identificar a tendência na qual a magnitude da luminância decresce com a altura. Porém, a faixa na qual estão inscritos os valores de todas as luminâncias médias desta parte da superfície, correspondem aos valores na altura da visão de  $0,44\text{m}$  das situações I e IV que são  $3.889\text{cd/m}^2$  e  $637\text{cd/m}^2$ , respectivamente. Tal intervalo na parte superior da parede 3, está definido pela mesma altura e as mesmas situações que no caso anterior, com valores que variam entre  $1.465\text{cd/m}^2$  e  $657\text{cd/m}^2$ .

Passando ao **ergorama**, a distribuição das luminâncias médias é entre o piso, o teto, o tapete, a janela e a parte superior e inferior das paredes 3 e 4. Como nas anteriores avaliações, a janela é o componente mais brilhante de toda a cena visual. Contrária à tendência na direção da visão 1, nesta direção a maior altura da linha de visão possui a magnitude da luminância mais elevada, decrescendo esse valor diretamente quando a altura o faz. Além do anterior, é na Situação I desde a qual são enxergadas as maiores luminâncias do céu, alcançando até  $13.257\text{cd/m}^2$  quando os olhos estão a  $1,19\text{m}$  do piso. A menor luminância média é na altura de  $0,44\text{m}$  na Situação III, com  $5.126\text{cd/m}^2$ .

O teto é o componente que apresenta mais variação na distribuição dos sete valores da luminância média em cada situação. Embora essas variações não sejam grandes, permitem identificar como aumentam na medida em que a altura cresce. Do mesmo modo, as máximas luminâncias médias correspondem à Situação I e as mínimas à Situação IV. É à altura de  $1,19\text{m}$  que o teto possui  $1.155\text{cd/m}^2$  e, a uma altura de  $0,44\text{m}$  a luminância média é de  $436\text{cd/m}^2$ , conforme as situações já mencionadas.

Já o componente com menores valores da luminância média, assim como variação dentro de cada situação, é o tapete. Mesmo na Situação II, na que o ambiente é mais claro, a porção do tapete abrangida pelo ergorama tem  $347\text{cd/m}^2$ .

Os outros componentes desta zona estão inscritos na faixa de  $170\text{cd/m}^2$ , correspondente à luminância média do tapete na Situação IV e altura  $1,19\text{m}$ , e  $2.679\text{cd/m}^2$  que é a luminância média do piso na Situação I e altura de  $1,19\text{m}$ . Situações que respectivamente possuem as menores e maiores magnitudes da luminância média para todos os componentes.

Além dos componentes presentes no ergorama, o **panorama** abrange quatro componentes a mais, cujas luminâncias fazem parte desta distribuição. Tais componentes são a parte inferior e superior da parede 1, o quadro negro, a porta e a mesa 3.

O intervalo que contém as luminâncias de todos os componentes desta zona do campo visual, excetuando a janela, está definido pela luminância média máxima da parte inferior da parede 3 e a luminância média mínima do quadro negro. Nas situações II e IV estão localizados os ditos valores. Para a parte inferior da parede 3 é

18.66cd/m<sup>2</sup>, quando os olhos estão a 0,44m de altura. A menor luminância média do quadro negro é de 162cd/m<sup>2</sup>, na mesma altura que o componente anterior. A variação das luminâncias médias de grande parte destes componentes é pouca, quando comparadas as sete avaliações de cada situação. Só na Situação I, o piso alcança certa variação devido à porção de área ensolarada. Na mesa 3 tal variação é maior entre as duas alturas mais baixas e as cinco restantes, devido a que nas duas primeiras alturas são enxergadas as luminâncias da parte posterior do componente.

A janela, tal como foi exposto no ergorama, aumenta a magnitude da luminância média conforme a altura aumenta e, a faixa que contem as luminâncias médias para este componente, em todas as situações, varia entre 4.848cd/m<sup>2</sup> na Situação III e 18.990cd/m<sup>2</sup> na Situação I. As alturas dos olhos às quais correspondem estes valores são 0,44m e 1,19m, respectivamente.

#### 4.2.2.2 Modelo B

As luminâncias das sete avaliações de cada situação para este modelo, na **visão central**, estão distribuídas entre o piso, a parte superior e inferior da parede 3 e 4 e a mesa 2.

Neste modelo, a Situação VI é na qual as luminâncias médias dos componentes são maiores, gerando um ambiente interno mais claro. Isto acontece devido a que pela abertura oposta à direção da visão há luz solar direta. A Situação V, que é a equivalente à Situação I do Modelo A, não apresenta luz direta do sol devido à proteção solar da janela que representa um corredor e, é nesta situação que as luminâncias médias são as menores.

A mesa 2 é o componente com maiores variações nos valores da luminância, nas quatro alturas nas que tal componente faz parte desta zona, sendo que esses valores aumentam diretamente com a altura. Tais valores se encontram na faixa de 401cd/m<sup>2</sup>, na altura 0,44m da Situação V, e 1.761cd/m<sup>2</sup>, na altura de 0,76m da Situação VI.

Como o piso é só enxergado nesta zona quando a visão está a 0,44m do piso, a luminância máxima que este componente alcança é 1.710cd/m<sup>2</sup>, também na Situação VI. No caso da parte superior e inferior da parede 3 e 4, as variações de suas luminâncias nas sete avaliações, assim como entre as quatro superfícies, não são significativas. As magnitudes que definem o intervalo no qual estão

contidos todos os valores da luminância média destes componentes são de  $751\text{cd/m}^2$  na parte superior da parede 3, quando a altura dos olhos é de  $0,76\text{m}$  na Situação V e,  $3.142\text{cd/m}^2$ , na parte inferior da parede 4, quando a altura é  $1,19\text{m}$  na Situação VI.

No **ergorama**, a tendência da luminância média das superfícies que constituem a parede 3 e 4 é a mesma que na visão central: pouca variação entre as avaliações de cada uma delas e quando comparadas as partes entre si. A faixa dentro da qual estão localizadas as luminâncias médias da parte inferior e superior destas paredes vai desde  $921\text{cd/m}^2$ , na parte superior da parede 4, quando a altura é de  $0,44\text{m}$  na Situação V, até  $2.992\text{cd/m}^2$  na parte inferior da mesma parede, quando a altura é de  $1,19\text{m}$  na Situação VI.

As maiores variações nos valores das luminâncias médias, dentro de cada situação, ocorrem para o teto e na janela. No teto a magnitude aumenta inversamente com a altura da visão, sendo que na Situação V o menor valor é  $1.239\text{cd/m}^2$  e na Situação VII o maior valor é  $3.793\text{cd/m}^2$ . Valores que correspondem com a maior e menor altura da visão, respectivamente, definindo a faixa na que estão inscritos as luminâncias médias das avaliações restantes.

A janela a sua vez, é o componente com maiores luminâncias médias que, como no Modelo A, aumentam sua magnitude na medida em que a altura é maior. Na Situação VII estão as magnitudes menores e na Situação V as maiores, correspondendo com os valores de  $4.783\text{cd/m}^2$  e  $11.308\text{cd/m}^2$ , nas alturas de  $0,44\text{m}$  e  $1,19\text{m}$ , respectivamente. Para o piso, o tapete e a mesa 2, as luminâncias médias mais elevadas correspondem às da Situação VI.

De forma geral, no **panorama**, a Situação VI também corresponde à cena mais brilhante, na qual os componentes possuem maiores valores de luminância, enquanto que os menores valores correspondem à Situação V. O intervalo dentro do qual estão as luminâncias de todas as avaliações dos componentes de todas as situações, excetuando a janela, varia entre  $289\text{cd/m}^2$  e  $5.155\text{cd/m}^2$ . O primeiro valor corresponde à luminância média mínima do tapete na altura de  $1,19\text{m}$ , e o segundo valor é a luminância média máxima da parte inferior da parede 3 na altura de  $1,19\text{m}$ , nas situações já mencionadas.

A janela tem as luminâncias médias mais elevadas da cena visual, mudando de  $4.529\text{cd/m}^2$  na Situação VI, quando a altura da

visão é 0,44m, para 21.241cd/m<sup>2</sup> na Situação V, quando a altura é 1,19m.

O APÊNDICE D (pág.169) expõe as distribuições das luminâncias nas zonas do campo visual, correspondentes a esta direção da visão.

#### 4.2.2.3 Modelo C

Nesta direção da visão, são enxergadas as duas aberturas da parede 4. A janela inferior, janela 2, possui a mesma proteção (semelhante a um corredor) do Modelo B, sendo maior que a janela superior, janela 3. Devido a isto, nos gráficos das situações deste modelo, na direção da visão 2, estão diferenciadas as duas janelas.

Diferentemente das outras situações desta direção, na **visão central** das situações deste modelo há parte da janela 2, cujas luminâncias médias são as maiores. Para esta janela, a magnitude da luminância média diminui com a altura, devido a que nestas últimas alturas é enxergado o solo externo, cuja luminância é menor que a luminância do céu, fazendo com que a luminância média geral da fonte decresça. O intervalo, dentro do qual estão os valores da luminância média desta porção da janela, vai desde 6.765cd/m<sup>2</sup>, na altura 1,19m da Situação X, até 10.222cd/m<sup>2</sup>, na Situação IX quando os olhos estão a 0,44m do piso.

A mesa 2 só é enxergada quando a altura da visão está entre 0,44m e 0,76m. Este é o componente que possui as maiores variações na distribuição das luminâncias médias na zona, quando comparadas as quatro avaliações. As magnitudes mais baixas da mesa 2 definem o limite inferior do intervalo que contem os valores das luminâncias médias dos outros componentes.

Tanto o piso como a parte superior das paredes 3 e 4, só são enxergados desde algumas das alturas da linha de visão. Porém, apesar do anterior, as luminâncias médias destes componentes e a parte inferior das mesmas paredes, não indicam variações significativas dentro de cada situação quando muda a altura da visão. Assim, a Situação X possui os maiores valores de luminância média, para estes componentes, pois esta é a cena visual mais brilhante devido à luz direta do sol que provêm da janela oposta. A faixa, dentro da qual estão contidas as luminâncias médias destes componentes, está definida pelo valor mínimo da mesa 2 e o valor máximo a parte

inferior da parede 4. Tais valores são  $700\text{cd}/\text{m}^2$ , na Situação XII quando a altura é  $0,52\text{m}$ , e  $3.208\text{cd}/\text{m}^2$ , na Situação X na altura de  $0,44\text{m}$ .

No **ergorama** estão presentes os mesmos componentes que na visão central, além do teto e o tapete. Aqui, a variação nas magnitudes da luminância média dos componentes não é significativa, quando comparadas com as avaliações dentro de cada situação. Só a mesa 2 que possui diferenças mais notórias nestas magnitudes na medida em que a altura da visão aumenta.

A janela 2 faz parte desta zona, com as maiores luminâncias médias na Situação IX, devido a que na direção avaliada, as luminâncias do céu são as maiores. A menor magnitude da luminância média da janela é  $6.071\text{cd}/\text{m}^2$ , quando a altura da visão é  $0,44\text{m}$  na Situação XI, e a maior magnitude é  $10.639\text{cd}/\text{m}^2$  na Situação IX, na mesma altura dos olhos. Estas duas magnitudes correspondem ao valor máximo e mínimo da luminância média da janela, que definem o intervalo no qual as luminâncias das outras avaliações se encontram.

Após a janela, o teto é o componente, que possui as maiores luminâncias médias em todas as situações. Este componente é enxergado desde todas as alturas e tais luminâncias variam entre  $3.645\text{cd}/\text{m}^2$  e  $4.721\text{cd}/\text{m}^2$ , na menor e maior altura respectivamente. O tapete possui as menores luminâncias médias entre todos os componentes do ergorama, apresentando uma variação entre  $421\text{cd}/\text{m}^2$  e  $784\text{cd}/\text{m}^2$ . Estes valores correspondem às luminâncias médias na Situação XII e IX, quando os olhos se encontram a  $1,19\text{m}$  do piso.

As luminâncias médias dos outros componentes estão inscritas dentro do intervalo definido pela máxima magnitude do teto e a mínima magnitude do tapete.

No **panorama** são enxergadas as duas janelas, as quais são os dois componentes com as maiores luminâncias médias, sendo que a janela 2 possui valores ainda mais elevados que a janela 3. Estes valores para a janela 2 definem a faixa entre  $6.127\text{cd}/\text{m}^2$ , na Situação XII na altura  $1,19\text{m}$ , e  $17.137\text{cd}/\text{m}^2$  na Situação IX na altura  $0,44\text{m}$ . Dentro desta faixa estão as luminâncias médias de todas as avaliações. Já as magnitudes da janela 3 mudam, sendo a menor  $2.743\text{cd}/\text{m}^2$  na altura de  $0,44\text{m}$  da Situação X, e  $19.064\text{cd}/\text{m}^2$  na altura  $1,19\text{m}$  da Situação IX.

De forma geral, os componentes desta zona possuem distribuições pouco variáveis, quando comparadas as avaliações entre si e quando comparadas entre um componente e outro. As maiores variações são dadas nas luminâncias médias das mesas 2 e 3, nas quais a magnitude da luminância aumenta na medida em que a altura o faz.

Nesta zona, a Situação X possui as maiores luminâncias médias dos componentes, excetuando as duas janelas. Aqui, a maior luminância média corresponde à parte inferior da parede 3, com  $5.180\text{cd/m}^2$  na altura de 1,19m. Em relação ao menor valor, na maioria das situações, o tapete é o componente que possui as menores luminâncias médias. O menor valor deste componente corresponde a  $431\text{cd/m}^2$  na Situação XII e altura 1,19m.

O APÊNDICE D expõe as distribuições das luminâncias nas zonas do campo visual, correspondentes ao Modelo C e nesta direção da visão.

### **4.3 CONTRASTE ENTRE AS ZONAS DO CAMPO VISUAL**

Nesta seção são comparados os valores do contraste entre as zonas do campo visual. Estes valores foram extraídos da planilha base para o processamento de dados e representam a relação entre as luminâncias das zonas do campo visual por pares: entre a visão central e o ergorama e entre o ergorama e o panorama.

Tal como foi descrito na metodologia, as equações usadas para calcular estas relações são as Eq. 12 e Eq. 13, já que nas condições avaliadas não existe um objeto de tarefa definido. Para cada modelo de simulação é apresentada uma tabela que contém os valores das duas relações nas duas direções da visão, para as sete avaliações correspondentes a cada situação. A cada valor corresponde uma cor segundo sua magnitude: o maior valor possui a cor mais escura e o menor a mais clara, atribuindo-se à relação visão central-ergorama a escala de amarelos e à relação ergorama-panorama a escala de azuis.

#### **4.3.1 Modelo A**

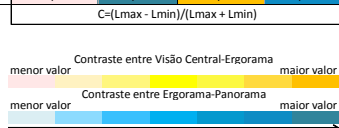
A Tabela 7 apresenta os valores de contraste entre as zonas do campo visual nas sete avaliações correspondentes a cada situação.



**Tabela 7: Valores de contraste obtidos no Modelo A**

MODELO A					DIREÇÃO VISÃO 1		DIREÇÃO VISÃO 2	
SITUAÇÃO	ALTURA OLHOS (m)	POSTURA CORPORAL	PERCENTIL	IDADE (anos)	V.CENT*ERGO	ERGO*PANO	V.CENT*ERGO	ERGO*PANO
I Norte 0° 09horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5	-0,29	0,03	0,49	0,26
			P50	5				
	0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5	-0,16	0,10	0,45	0,21
			P5	6				
	0,67	Sentada em cadeira	P5	4	-0,08	0,14	0,32	0,24
		Sentada no chão	P95	6				
	0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5	-0,03	0,14	0,26	0,26
			P5	5				
0,83	Em pé	P5	4	-0,01	0,15	0,20	0,27	
	Sentada em cadeira	P95	4 e 5					
		P5	6					
1,00	Sentada em cadeira	P95	6	-0,03	0,18	0,05	0,29	
	Em pé	P5, P50, P95	6, 5, 4*					
1,19	Em pé	P95	5 e 6	-0,05	0,20	-0,05	0,31	
II Norte 0° 15horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5	-0,46	0,12	0,08	-0,05
			P50	5				
	0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5	-0,37	0,19	0,08	-0,06
			P5	6				
	0,67	Sentada em cadeira	P5	4	-0,28	0,21	0,06	-0,06
		Sentada no chão	P95	6				
	0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5	-0,21	0,21	0,05	-0,05
			P5	5				
0,83	Em pé	P5	4	-0,18	0,21	0,04	-0,04	
	Sentada em cadeira	P95	4 e 5					
		P5	6					
1,00	Sentada em cadeira	P95	6	-0,17	0,22	0,01	-0,02	
	Em pé	P5, P50, P95	6, 5, 4*					
1,19	Em pé	P95	5 e 6	-0,16	0,22	0,01	-0,02	
III Norte 90° 09horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5	-0,37	0,07	0,07	-0,03
			P50	5				
	0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5	-0,26	0,14	0,07	-0,04
			P5	6				
	0,67	Sentada em cadeira	P5	4	-0,18	0,18	0,05	-0,03
		Sentada no chão	P95	6				
	0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5	-0,12	0,17	0,04	-0,02
			P5	5				
0,83	Em pé	P5	4	-0,10	0,18	0,03	-0,01	
	Sentada em cadeira	P95	4 e 5					
		P5	6					
1,00	Sentada em cadeira	P95	6	-0,10	0,19	0,01	0,02	
	Em pé	P5, P50, P95	6, 5, 4*					
1,19	Em pé	P95	5 e 6	-0,11	0,21	-0,03	0,04	
IV Norte 90° 15horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5	-0,13	0,22	0,04	-0,01
			P50	5				
	0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5	-0,03	0,30	0,04	-0,02
			P5	6				
	0,67	Sentada em cadeira	P5	4	0,08	0,33	0,02	-0,01
		Sentada no chão	P95	6				
	0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5	0,14	0,33	0,01	0,00
			P5	5				
0,83	Em pé	P5	4	0,15	0,34	0,00	0,20	
	Sentada em cadeira	P95	4 e 5					
		P5	6					
1,00	Sentada em cadeira	P95	6	0,09	0,38	-0,02	0,04	
	Em pé	P5, P50, P95	6, 5, 4*					
1,19	Em pé	P95	5 e 6	-0,03	0,42	-0,05	0,07	

\* A ordem da idade corresponde à ordem dos percentis apresentada



Quando a direção da visão é a 1, é possível identificar como os valores de contraste entre a visão central e o ergorama são em sua maioria negativos (85,71%), sendo quatro valores positivos na Situação IV. Estes valores negativos apontam a luminâncias maiores no ergorama. Os valores obtidos da relação entre o ergorama e o panorama são todos positivos, fato que indica maiores luminâncias no ergorama, sugerindo que o entorno imediato de uma possível tarefa de escrita, leitura ou de motricidade fina pode ser mais brilhante que o foco da tarefa em si.

Já quando a direção da visão muda, passando a ser a 2, a maioria dos valores na relação de contraste entre a visão central e o ergorama são positivos, sendo negativos só quatro deles (14,28%). Estes valores positivos indicam que a visão central possui maior luminância média que o ergorama, fato que, dependendo do objeto usado numa tarefa, pode fazer com que esta seja mais brilhante que seu entorno mais próximo. Da relação de contraste entre o ergorama e o panorama, 57,53% dos valores são negativos. Nestas situações o panorama tem a luminância média maior que o ergorama, enquanto nos valores positivos o ergorama possui a luminância média maior.

Analisando a Situação I, quando a diferença das luminâncias médias entre a visão central e o ergorama é maior, o contraste entre o ergorama e o panorama é menor. Esta diferença entre a visão central e o ergorama diminui sua magnitude quando a altura da visão aumenta, e é inversa na relação entre o ergorama e o panorama. Isto acontece nas duas direções da visão.

Na Situação II, quando a direção da visão é a 1, os valores de contraste são maiores que na direção 2, apontando a maiores diferenças entre as luminâncias médias das zonas do campo visual quando a direção da visão é a primeira. Nesta situação, nas avaliações correspondentes à direção da visão 2, ambos os valores de contraste diminuem sua magnitude quando a linha da visão aumenta.

A Situação III possui uma distribuição dos valores semelhante com a distribuição dos valores da Situação II: a direção da visão 1 possui as maiores diferenças nas luminâncias médias entre as zonas, enquanto, na direção da visão 2 essas diferenças são as menores e as avaliações correspondentes a esta direção não permitem identificar a tendência na que estes valores mudam em função da altura da visão.

Como nas outras situações, as avaliações pertencentes à Situação IV apresentam maior contraste na direção da visão 1 porém, em nenhuma das duas direções desta situação é possível indicar como estes valores aumentam ou diminuem quando a altura da linha de visão muda. De forma geral, os maiores contrastes quando tomadas as duas direções da visão correspondem à Situação I. Mas, quando analisadas as duas direções da visão por separado, a Situação II possui os maiores valores de contraste quando a direção da visão é a 1.

#### **4.3.2 Modelo B**

Os valores das relações de contraste entre as zonas do campo visual de todas as avaliações deste modelo são apresentados na tabela a seguir (Tabela 8, pág. 119).

Em 50% das avaliações realizadas na direção da visão 1, o ergorama possui luminância média maior que a visão central, sendo que na Situação VI isto acontece nas sete avaliações. A relação de contraste entre o ergorama e o panorama indica que, em todas as avaliações dentro de cada situação, esta última zona do campo visual possui menor luminância média. Assim, em 50% das avaliações, quando é realizada uma atividade que envolva objetos claros ou brilhantes, a luminância média das duas primeiras zonas do campo visual tenderia a aumentar com o que aumentaria o contraste entre a tarefa e seu entorno.

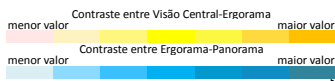
Na direção da visão 2, 60,71% das avaliações possuem valores negativos na relação de contraste entre a visão central e o ergorama. Na Situação V e VIII o mesmo ocorre na totalidade das avaliações, apontando a que nestas condições o ergorama alcança maiores luminâncias médias que a visão central. Da relação entre o ergorama e o panorama também são obtidos valores negativos (57,14%), principalmente na Situação VI e VII, pelo que nestas condições o entorno distante resulta mais brilhante que a região na que se desenvolve a tarefa.

**Tabela 8: Valores de contraste obtidos no Modelo B**

		MODELO B			DIREÇÃO VISÃO 1		DIREÇÃO VISÃO 2		
SITUAÇÃO	ALTURA OLHOS (m)	POSTURA CORPORAL	PERCENTIL	IDADE (anos)	V.CENT*ERGO	ERGO*PANO	V.CENT*ERGO	ERGO*PANO	
V	Norte 0° 09horas	0,44	Sentada no chão	P5 P50	4 e 5 5	-0,45	0,15	-0,16	0,08
		0,52	Sentada no chão	P95 P5	4 e 5 6	-0,16	0,19	-0,13	0,03
		0,67	Sentada em cadeira Sentada no chão	P5 P95	4 6	0,01	0,18	-0,11	0,02
		0,76	Sentada em cadeira	P50 P5	4 e 5 5	0,06	0,18	-0,12	0,03
		0,83	Em pé Sentada em cadeira	P5 P95 P5	4 4 e 5 6	0,08	0,18	-0,14	0,04
		1,00	Sentada em cadeira Em pé	P95 P5, P50, P95	6 6, 5, 4*	0,09	0,20	-0,20	0,07
		1,19	Em pé	P95	5 e 6	0,07	0,22	-0,25	0,11
VI	Norte 0° 15horas	0,44	Sentada no chão	P5 P50	4 e 5 5	-0,64	0,27	0,05	-0,10
		0,52	Sentada no chão	P95 P5	4 e 5 6	-0,40	0,33	0,08	-0,09
		0,67	Sentada em cadeira Sentada no chão	P5 P95	4 6	-0,21	0,33	0,12	-0,10
		0,76	Sentada em cadeira	P50 P5	4 e 5 5	-0,21	0,33	0,13	-0,09
		0,83	Em pé Sentada em cadeira	P5 P95 P5	4 4 e 5 6	-0,21	0,33	0,11	-0,08
		1,00	Sentada em cadeira Em pé	P95 P5, P50, P95	6 6, 5, 4*	-0,16	0,31	0,06	-0,06
		1,19	Em pé	P95	5 e 6	-0,11	0,29	-0,01	-0,03
VII	Norte 90° 09horas	0,44	Sentada no chão	P5 P50	4 e 5 5	-0,59	0,32	-0,01	-0,02
		0,52	Sentada no chão	P95 P5	4 e 5 6	-0,26	0,35	0,02	-0,05
		0,67	Sentada em cadeira Sentada no chão	P5 P95	4 6	-0,08	0,34	0,06	-0,06
		0,76	Sentada em cadeira	P50 P5	4 e 5 5	-0,04	0,33	0,07	-0,07
		0,83	Em pé Sentada em cadeira	P5 P95 P5	4 4 e 5 6	-0,01	0,32	0,05	-0,07
		1,00	Sentada em cadeira Em pé	P95 P5, P50, P95	6 6, 5, 4*	0,03	0,29	0,00	-0,05
		1,19	Em pé	P95	5 e 6	0,05	0,27	-0,06	-0,02
VIII	Norte 90° 15horas	0,44	Sentada no chão	P5 P50	4 e 5 5	0,19	0,20	-0,07	0,01
		0,52	Sentada no chão	P95 P5	4 e 5 6	0,32	0,19	-0,04	0,00
		0,67	Sentada em cadeira Sentada no chão	P5 P95	4 6	0,40	0,19	-0,01	-0,01
		0,76	Sentada em cadeira	P50 P5	4 e 5 5	0,45	0,17	-0,02	-0,01
		0,83	Em pé Sentada em cadeira	P5 P95 P5	4 4 e 5 6	0,46	0,17	-0,03	0,00
		1,00	Sentada em cadeira Em pé	P95 P5, P50, P95	6 6, 5, 4*	0,41	0,20	-0,08	0,03
		1,19	Em pé	P95	5 e 6	0,32	0,25	-0,13	0,07

\* A ordem da idade corresponde à ordem dos percentis apresentada

$$C = (L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min})$$



Na Situação V, na direção da visão 1, o contraste entre a visão central e o ergorama diminui diretamente com a altura, enquanto que os valores de contraste entre o ergorama e o panorama aumentam. Quando a direção da visão é a 2 a tendência é inversa, porém, para ambas as direções, os menores contrastes são obtidos quando a altura dos olhos é 0,67m.

As situações VI e VII apresentam a mesma tendência que a situação anterior nos valores de contraste entre a visão central e o ergorama, quando a direção da visão é a 1. No entanto, na direção de visão 2, os valores de contraste, expressos por uma curva que melhor descreve a tendência na que este valores entre a visão central e o ergorama mudam, aumentam desde os extremos para o meio, enquanto os valores entre o ergorama e o panorama, de forma geral, diminuem inversamente com a altura.

No caso da Situação VIII, o contraste entre a visão central e o ergorama aumenta desde as alturas dos extremos até as do meio, enquanto o contraste entre ergorama e panorama diminui da mesma forma. Já a tendência quando a direção da visão passa a ser a 2 é a mesma entre visão central e ergorama, porém, entre ergorama e panorama não é possível identificar nenhum padrão na distribuição dos valores.

### **4.3.3 Modelo C**

Na Tabela 9 (pág.122) estão contidos os valores de contraste entre as zonas do campo visual, obtidos das avaliações neste modelo.

Na direção da visão 1, o contraste entre a visão central e o ergorama indica maiores luminâncias médias nesta última zona em 50% do total das avaliações, que correspondem aos valores negativos. Quanto à relação entre o ergorama e o panorama, todas as avaliações nesta direção possuem maior valor nas luminâncias médias do ergorama.

Na direção da visão 2, também há valores negativos na relação entre a visão central e o ergorama, sendo que, em 78,57% das avaliações, o ergorama tem luminâncias médias maiores que a visão central. Os valores obtidos da relação entre o ergorama e o panorama são todos positivos, o qual indica que nesta relação o ergorama possui luminâncias médias maiores que o panorama.

Comparando os valores das duas direções, é possível afirmar que quando a direção da visão é a 1, há maiores diferenças entre as luminâncias médias das zonas do campo visual, gerando maiores contrastes entre elas. As situações X e XI são as que possuem os valores de contraste mais elevados em alguma das avaliações e em ambas as relações entre as zonas, embora estes valores não sejam na mesma avaliação ou situação.

Mudando a direção da visão para a 2, os maiores valores do contraste correspondem às Situações IX e XII, sendo que tais valores são menores que as magnitudes dos contrastes na direção anterior, devido a que possivelmente a distribuição das luminâncias nestas situações é mais uniforme.

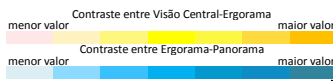
Analisando a variação nos valores de contraste por altura, quando os olhos estão localizados nas alturas intermediárias (entre 0,67m e 0,83m), o intervalo de contraste das zonas do campo visual possui pouca variação.

**Tabela 9: Valores de contraste obtidos no Modelo C**

SITUAÇÃO	MODELO C				DIREÇÃO VISÃO 1		DIREÇÃO VISÃO 2	
	ALTURA OLHOS (m)	POSTURA CORPORAL	PERCENTIL	IDADE (anos)	V.CENT*ERGO	ERGO*PANO	V.CENT*ERGO	ERGO*PANO
<b>IX</b> Norte 0° 09horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5	-0,33	0,05	-0,28	0,13
			P50	5				
	0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5	-0,01	0,08	-0,26	0,10
			P5	6				
	0,67	Sentada em cadeira	P5	4	0,05	0,07	-0,18	0,04
			P95	6				
	0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5	0,09	0,06	-0,17	0,04
P5			5					
0,83	Em pé	P5	4	0,11	0,07	-0,17	0,04	
		P95	4 e 5					
1,00	Sentada em cadeira	P5	6	0,11	0,09	-0,19	0,06	
		P95	6					
1,19	Em pé	P5, P50, P95	6, 5, 4*	0,08	0,12	-0,21	0,09	
<b>X</b> Norte 0° 15horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5	-0,64	0,28	-0,03	0,01
			P50	5				
	0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5	-0,40	0,33	-0,01	0,03
			P5	6				
	0,67	Sentada em cadeira	P5	4	0,21	0,33	0,04	0,03
			P95	6				
	0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5	-0,21	0,34	0,05	0,03
P5			5					
0,83	Em pé	P5	4	-0,21	0,34	0,05	0,04	
		P95	4 e 5					
1,00	Sentada em cadeira	P5	6	-0,16	0,32	0,02	0,05	
		P95	6					
1,19	Em pé	P5, P50, P95	6, 5, 4*	-0,11	0,29	-0,03	0,07	
<b>XI</b> Norte 90° 09horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5	-0,58	0,31	-0,10	0,11
			P50	5				
	0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5	-0,25	0,35	-0,07	0,11
			P5	6				
	0,67	Sentada em cadeira	P5	4	-0,08	0,33	-0,01	0,09
			P95	6				
	0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5	-0,03	0,32	0,01	0,09
P5			5					
0,83	Em pé	P5	4	-0,01	0,31	0,01	0,09	
		P95	4 e 5					
1,00	Sentada em cadeira	P5	6	0,03	0,28	-0,02	0,10	
		P95	6					
1,19	Em pé	P5, P50, P95	6, 5, 4*	0,05	0,26	-0,06	0,11	
<b>XII</b> Norte 90° 15horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5	0,19	0,20	-0,22	0,18
			P50	5				
	0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5	0,32	0,19	-0,19	0,20
			P5	6				
	0,67	Sentada em cadeira	P5	4	0,40	0,18	-0,10	0,17
			P95	6				
	0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5	0,46	0,16	-0,08	0,17
P5			5					
0,83	Em pé	P5	4	0,46	0,16	-0,08	0,17	
		P95	4 e 5					
1,00	Sentada em cadeira	P5	6	0,41	0,19	-0,09	0,18	
		P95	6					
1,19	Em pé	P5, P50, P95	6, 5, 4*	0,33	0,23	-0,10	0,19	

\* A ordem da idade corresponde à ordem dos percentis apresentada

$$C = (L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min})$$



## 4.4 AVALIAÇÕES DE DESCONFORTO POR OFUSCAMENTO

A análise do desconforto causado pelo ofuscamento é realizada pela comparação dos valores obtidos mediante a aplicação da equação do *DGI*, tomando alguns dos dados das simulações.

Os resultados são apresentados em tabelas, nas que para cada avaliação é indicada a idade e percentil correspondente a cada uma das alturas, sendo que, a uma mesma altura podem pertencer diversos percentis de diferentes idades. Para cada avaliação do ofuscamento é apresentado o *DGI* e a respectiva sensação segundo a escala de valores do *GSV*. Como na análise de contraste, cada valor possui uma cor de acordo com sua magnitude, variando de mais escuro a mais claro conforme o valor diminui. À direção da visão 1 corresponde a escala amarela e à direção da visão 2 a escala azul. Nesta seção são expostos esses resultados.

### 4.4.1 Modelo A

As avaliações de desconforto por ofuscamento, nas situações deste modelo quando a direção da visão é a 1, variam a magnitude do *DGI* entre 22,49 e 29,31. Estes valores de acordo com a escala do *GSV* correspondem a sensações que variam entre o limiar do conforto-desconforto até intolerável. A partir das 28 avaliações nesta direção, 53,57% delas estimam que a sensação de ofuscamento se encontre no “limite do conforto-desconforto”, 32,14% avalia a sensação como “desconfortável” e 28,57% como “intolerável”, sendo que todos os valores desta última sensação correspondem à Situação II.

Na direção da visão 2, os valores do *DGI* mudam entre 15,31 e 24,38, apresentando um intervalo maior que os valores da direção da visão 1. As sensações nas que se definem estes valores estão localizadas desde “imperceptível” e em algumas ocasiões “desconfortável”, sendo que 67,86% das avaliações nesta direção qualificam a sensação do ofuscamento como “imperceptível”, 21,43% como “desconfortável”, 7,14% avalia a sensação como “aceitável” e 3,57% como no “limite conforto-desconforto” (Ver Tabela 10).

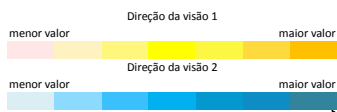
Na altura de 0,67m estão englobadas as duas posturas corporais nas que as crianças passam maior tempo ao desenvolverem uma tarefa, pelo que os valores dentro de cada situação são comparados com os valores obtidos nesta avaliação.



**Tabela 10: Valores de *DGI* obtidos no Modelo A**

MODELO A					DIREÇÃO VISÃO 1		DIREÇÃO VISÃO 2		
SITUAÇÃO	ALTURA OLHOS (m)	POSTURA CORPORAL	PERCENTIL	IDADE (anos)	DGI	ESCALA DE VALOR	DGI	ESCALA DE VALOR	
I	Norte 0° 09horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5 5	22,49	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO	22,80	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO
			P50						
		0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5 6	22,76	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO	24,07	DESCONFORTÁVEL
			P5						
		0,67	Sentada em cadeira	P5	4 6	22,84	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO	24,07	DESCONFORTÁVEL
			P95						
		0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5 5	22,85	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO	24,08	DESCONFORTÁVEL
			P5						
0,83	Em pé	P5	4 e 5 6	22,91	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO	24,13	DESCONFORTÁVEL		
	Sentada em cadeira	P95							
1,00	Sentada em cadeira	P95	6	23,01	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO	24,28	DESCONFORTÁVEL		
	Em pé	P5, P50, P95							
1,19	Em pé	P95	5 e 6	23,09	LIM. CONF-DESCONF	24,38	DESCONFORTÁVEL		
II	Norte 0° 15horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5 5	29,31	INTOLERÁVEL	15,31	IMPERCEPTÍVEL
			P50						
		0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5 6	29,24	INTOLERÁVEL	15,56	IMPERCEPTÍVEL
			P5						
		0,67	Sentada em cadeira	P5	4 6	28,76	INTOLERÁVEL	15,97	IMPERCEPTÍVEL
			Sentada no chão	P95					
		0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5 5	28,40	INTOLERÁVEL	16,27	IMPERCEPTÍVEL
			P5						
0,83	Em pé	P5	4 e 5 6	28,18	INTOLERÁVEL	16,51	IMPERCEPTÍVEL		
	Sentada em cadeira	P95							
1,00	Sentada em cadeira	P95	6	27,46	DESCONFORTÁVEL- INTOLERÁVEL	17,21	IMPERCEPTÍVEL		
	Em pé	P5, P50, P95							
1,19	Em pé	P95	5 e 6	26,57	DESCONF-INTOLE.	17,32	IMPERCEPTÍVEL		
III	Norte 90° 09horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5 5	25,05	DESCONFORTÁVEL	16,55	IMPERCEPTÍVEL
			P50						
		0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5 6	25,13	DESCONFORTÁVEL	16,86	IMPERCEPTÍVEL
			P5						
		0,67	Sentada em cadeira	P5	4 6	24,89	DESCONFORTÁVEL	17,20	IMPERCEPTÍVEL
			Sentada no chão	P95					
		0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5 5	24,69	DESCONFORTÁVEL	17,45	IMPERCEPTÍVEL
			P5						
0,83	Em pé	P5	4 e 5 6	24,60	DESCONFORTÁVEL	17,64	IMPERCEPTÍVEL		
	Sentada em cadeira	P95							
1,00	Sentada em cadeira	P95	6	24,25	DESCONFORTÁVEL	18,26	IMPERCEPTÍVEL- ACEITÁVEL		
	Em pé	P5, P50, P95							
1,19	Em pé	P95	5 e 6	23,88	LIM. CONF-DESCONF	18,93	IMPERCEP-ACEIT.		
IV	Norte 90° 15horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5 5	23,58	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO	18,14	IMPERCEPTÍVEL- ACEITÁVEL
			P50						
		0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5 6	23,60	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO	18,08	IMPERCEPTÍVEL- ACEITÁVEL
			P5						
		0,67	Sentada em cadeira	P5	4 6	23,41	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO	18,36	IMPERCEPTÍVEL- ACEITÁVEL
			Sentada no chão	P95					
		0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5 5	23,26	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO	18,58	IMPERCEPTÍVEL- ACEITÁVEL
			P5						
0,83	Em pé	P5	4 e 5 6	23,19	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO	18,75	IMPERCEPTÍVEL- ACEITÁVEL		
	Sentada em cadeira	P95							
1,00	Sentada em cadeira	P95	6	22,91	LÍMITE CONFORTO- DESCONFORTO	19,30	IMPERCEPTÍVEL- ACEITÁVEL		
	Em pé	P5, P50, P95							
1,19	Em pé	P95	5 e 6	22,56	LIM. CONF-DESCONF	19,91	IMPERCEP-ACEIT.		

\* A ordem da idade corresponde à ordem dos percentis apresentada



Na Situação I, direção da visão 1, as 7 avaliações realizadas possuem valores do *DGI* que o qualificam no “limite do conforto-desconforto”. Quando comparado o valor obtido na altura de 0,67m ( $DGI=22,84$ ) com o valor máximo, obtido da avaliação a 1,19m do piso ( $DGI=23,09$ ), a diferença é de 1,09%. Na direção da visão 2, quando a altura dos olhos é 1,19m, o *DGI* é o maior desta situação (24,38), correspondendo a uma sensação “desconfortável”, enquanto na altura de 0,44m a sensação está no “limite conforto-desconforto”. As outras 5 avaliações qualificam a sensação de desconforto como “desconfortável”, sendo que na altura 0,67m, o *DGI* é o menor da totalidade das avaliações (24,07), existindo uma diferença de 1,26% entre este valor e o maior.

Na direção da visão 1 da Situação II, a sensação de ofuscamento entre 0,44m e 0,83m é avaliada como “intolerável”, enquanto para as alturas 1,00m e 1,19m, a avaliação está entre “desconfortável” e “intolerável”, correspondendo a esta última altura o menor valor do *DGI*. A comparação do maior valor ( $DGI=29,31$  quando a altura é de 0,44m) e o valor quando a altura é de 0,67m, dá uma diferença de 1,89%. Na direção da visão 2, os valores do *DGI* diminuem e com isso, a sensação de desconforto desde todas as alturas passa a ser “imperceptível”. A variação do valor do *DGI* entre a altura de 0,67m e o maior valor, na altura de 1,19m, é de 7,82%.

Os valores do *DGI* na Situação III e direção da visão 1 são tais que, de acordo com a escala de valores, a sensação do ofuscamento para as 6 primeiras avaliações é “desconfortável”, já que quando a altura da visão é 1,19m a sensação está no “limite conforto-desconforto”. Na avaliação a 0,67m do piso, o *DGI* obtido é de 24,89, enquanto na avaliação a 0,52m é obtido o maior valor ( $DGI=25,13$ ), sendo que a diferença entre estes dois resultados é 0,95%. Já na direção da visão 2, as sensações definidas pelos valores do *DGI* estão entre “imperceptível” e “aceitável”, que de acordo com as avaliações, nas 5 primeiras alturas, a sensação corresponde com a primeira. Na altura de 1,19m, o *DGI* possui uma diferença de 9,13% com a altura de comparação.

Na Situação IV os valores das sete avaliações, na direção da visão 1, qualificam a sensação do ofuscamento como no “limite conforto-desconforto”, enquanto na direção da visão 2 a sensação está entre “imperceptível” e “aceitável”. Na primeira direção da visão

o maior valor corresponde à altura de 0,52m ( $DGI=23,60$ ), que possui uma diferença de 0,79%, quando comparado com o valor da altura de 0,67m ( $DGI=23,41$ ). Na segunda direção da visão, tal diferença é de 7,76%, quando comparado o valor do  $DGI$  da altura 0,67m com o valor máximo, na altura de 1,19m ( $DGI=19,91$ ).

De forma geral, quando a direção da visão é a 1, a tendência do  $DGI$  é diminuir na medida que a altura da linha de visão aumenta, excetuando a Situação I, na que tais valores aumentam com a altura da linha de visão. A tendência, na que os valores do  $DGI$  mudam na direção da visão 2, é direta com a magnitude da altura, sendo que em todas as situações o menor valor pertence à altura de 0,44m. Contudo, os valores do  $DGI$  são maiores na primeira direção da visão. Já na segunda direção da visão, estes maiores valores pertencem a Situação I, a qual tem também as maiores diferenças quando comparados com os valores das outras situações desta direção.

#### **4.4.2 Modelo B**

Na Tabela 11 estão os valores do  $DGI$  obtidos das 28 avaliações nas duas direções da visão. Estes valores, na primeira direção da visão, variam entre 24,54 e 29,81, descrevendo a sensação de ofuscamento como “desconfortável” para 53,57% das avaliações e, “intolerável”, para 46,43% das restantes.

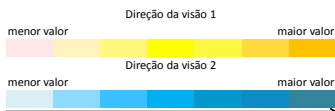
Mudando a direção da visão para o outro lado da sala, o  $DGI$  define uma faixa mais ampla na qual se localizam todas as avaliações, variando de 14,51 até 26,81. Tais valores qualificam a sensação de ofuscamento como “imperceptível” em 58,53% das avaliações, “aceitável” em 16,07%, como “desconfortável” 3,57% e 21,42% qualifica a sensação como “intolerável”.

Assim, a direção da visão 1 apresenta os maiores valores do  $DGI$  e, dentro das avaliações desta direção, a Situação VI a que possui os maiores valores. A relação na que estes valores variam em função da altura é inversa, excetuando a Situação V, na que o  $DGI$  aumenta com a altura. No caso da direção 2, os valores do  $DGI$  são menores e aumentam diretamente com a altura. Contudo, as avaliações da Situação V chegam a ter valores similares aos obtidos na direção da visão 1, apresentando maior diferença entre os valores das avaliações desta situação quando comparados com os valores das outras avaliações.

**Tabela 11: Valores de DGI obtidos no Modelo B**

MODELO B					DIREÇÃO VISÃO 1		DIREÇÃO VISÃO 2	
SITUAÇÃO	ALTURA OLHOS (m)	POSTURA CORPORAL	PERCENTIL	IDADE (anos)	DGI	ESCALA DE VALOR	DGI	ESCALA DE VALOR
V Norte 0° 09horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5	24,54	DESCONFORTÁVEL	24,19	DESCONFORTÁVEL
			P50	5				
	0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5	24,99	DESCONFORTÁVEL	26,16	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL
			P5	6				
	0,67	Sentada em cadeira Sentada no chão	P5	4	25,15	DESCONFORTÁVEL	26,23	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL
			P95	6				
	0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5	25,16	DESCONFORTÁVEL	26,28	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL
			P5	5				
0,83	Em pé Sentada em cadeira	P5	4	25,21	DESCONFORTÁVEL	26,36	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	
		P95	4 e 5					
1,00	Sentada em cadeira Em pé	P5	6	25,35	DESCONFORTÁVEL	26,56	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	
		P5, P50, P95	6, 5, 4*					
1,19	Em pé	P95	5 e 6	25,50	DESCONFORTÁVEL	26,81	DESCONFORTÁVEL-INTOLE.	
VI Norte 0° 15horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5	29,81	INTOLERÁVEL	14,51	IMPERCEPTÍVEL
			P50	5				
	0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5	29,58	INTOLERÁVEL	14,66	IMPERCEPTÍVEL
			P5	6				
	0,67	Sentada em cadeira Sentada no chão	P5	4	29,20	INTOLERÁVEL	15,08	IMPERCEPTÍVEL
			P95	6				
	0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5	28,89	INTOLERÁVEL	15,41	IMPERCEPTÍVEL
			P5	5				
0,83	Em pé Sentada em cadeira	P5	4	28,68	INTOLERÁVEL	15,70	IMPERCEPTÍVEL	
		P95	4 e 5					
1,00	Sentada em cadeira Em pé	P95	6	28,13	INTOLERÁVEL	16,40	IMPERCEPTÍVEL	
		P5, P50, P95	6, 5, 4*					
1,19	Em pé	P95	5 e 6	27,44	DESCONF-INTOLE.	17,21	IMPERCEPTÍVEL	
VII Norte 90° 09horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5	26,83	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	16,22	IMPERCEPTÍVEL
			P50	5				
	0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5	26,72	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	16,39	IMPERCEPTÍVEL
			P5	6				
	0,67	Sentada em cadeira Sentada no chão	P5	4	26,44	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	16,61	IMPERCEPTÍVEL
			P95	6				
	0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5	26,26	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	16,79	IMPERCEPTÍVEL
			P5	5				
0,83	Em pé Sentada em cadeira	P5	4	26,12	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	16,99	IMPERCEPTÍVEL	
		P95	4 e 5					
1,00	Sentada em cadeira Em pé	P95	6	25,81	DESCONFORTÁVEL	17,52	IMPERCEPTÍVEL	
		P5, P50, P95	6, 5, 4*					
1,19	Em pé	P95	5 e 6	25,41	DESCONFORTÁVEL	18,22	IMPERCEP-ACEIT.	
VIII Norte 90° 15horas	0,44	Sentada no chão	P5	4 e 5	25,38	DESCONFORTÁVEL	18,93	IMPERCEPTÍVEL-ACEITÁVEL
			P50	5				
	0,52	Sentada no chão	P95	4 e 5	26,07	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	18,45	IMPERCEPTÍVEL-ACEITÁVEL
			P5	6				
	0,67	Sentada em cadeira Sentada no chão	P5	4	26,04	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	18,51	IMPERCEPTÍVEL-ACEITÁVEL
			P95	6				
	0,76	Sentada em cadeira	P50	4 e 5	25,85	DESCONFORTÁVEL	18,66	IMPERCEPTÍVEL-ACEITÁVEL
			P5	5				
0,83	Em pé Sentada em cadeira	P5	4	25,71	DESCONFORTÁVEL	18,85	IMPERCEPTÍVEL-ACEITÁVEL	
		P95	4 e 5					
1,00	Sentada em cadeira Em pé	P95	6	25,36	DESCONFORTÁVEL	19,35	IMPERCEPTÍVEL-ACEITÁVEL	
		P5, P50, P95	6, 5, 4*					
1,19	Em pé	P95	5 e 6	24,95	DESCONFORTÁVEL	19,98	IMPERCEP-ACEIT.	

\* A ordem da idade corresponde à ordem dos percentis apresentada



Quando são analisadas as situações individualmente, é possível identificar que na Situação V, na direção da visão 1, as 7 avaliações possuem valores do *DGI* que variam entre 24,54 e 25,50, qualificando a sensação de desconforto por ofuscamento como “desconfortável”. Assim, a diferença entre o maior valor do *DGI* e o valor de comparação obtido na altura de 0,67m, é de 1,38%. No caso da direção da visão 2, 6 dos 7 resultados avaliam a sensação entre “desconfortável” e “intolerável”, enquanto o menor valor do *DGI* (24,19) qualifica tal sensação só como “desconfortável”. Mesmo sendo grande o intervalo dentro do qual se definem estas sensações, a diferença entre o valor de comparação ( $DGI=26,23\%$ ) e o maior valor alcançado ( $DGI=26,81$ ) é de 2,38%.

Passando para a Situação VI, os valores do *DGI* obtidos na direção da visão 1 correspondem a uma sensação de desconforto “intolerável”, em 6 das avaliações realizadas, devido a que na maior altura, a sensação está entre “desconfortável” e “intolerável”. A diferença entre o maior *DGI* (29,81) e o *DGI* (29,20) de comparação é de 2,03%. Quando a direção da visão é a 2, todas as avaliações indicam que o ofuscamento gerado pela janela é “imperceptível”, embora a diferença entre o maior *DGI* e aquele obtido quando os olhos estão a 0,67m do piso seja de 12,39%, pois o intervalo destas avaliações varia entre 14,51 e 17,21.

Na Situação VII, a sensação do ofuscamento é “desconfortável” em 2 avaliações e entre “desconfortável” e “intolerável” nas 5 restantes, quando a direção da visão é a 1. Os valores do *DGI* correspondentes a estas avaliações estão entre 25,41 e 26,83, sendo a diferença entre o maior e o valor de comparação de 1,46%. As avaliações quando a direção da visão é a 2, qualificam tal sensação como “imperceptível” ou entre “imperceptível” e “aceitável”, havendo uma diferença de 8,83% entre o maior valor do *DGI* (18,22) e o valor escolhido para comparação ( $DGI=16,61$ ).

Na situação VIII, as sensações de desconforto causadas pelo ofuscamento estão entre “desconfortável” ou “desconfortável-intolerável” quando a direção da visão é a 1, e entre “imperceptível” e “aceitável” quando a direção da visão é a 2. As diferenças entre os valores de comparação são de 0,11% na direção da visão 1 e de 7,32% na direção da visão 2.

### 4.4.3 Modelo C

Neste modelo, as 28 avaliações realizadas na direção da visão 1 apresentam valores do *DGI* entre 22,64 e 29,86. A correspondência destes valores com a escala do *GSV* está distribuída da seguinte forma: 25% das avaliações definem a sensação do ofuscamento como no “limite conforto-desconforto”, 46,43% a qualifica como “desconfortável” e 28,57% como “intolerável”. Apesar disto, deve ser considerado que alguns dos valores não estão definidos só numa das categorias da escala *GSV* e sim entre duas delas.

Os resultados das avaliações na direção da visão 2 possuem valores que variam entre 20,89 e 28,40. Dessas avaliações, 14,29% qualificam a sensação de desconforto como “aceitável”, 60,71% no “limite conforto-desconforto”, 17,86% como “desconfortável” e, 7,14% correspondem a uma sensação “intolerável”. Os respectivos valores e sua relação com a sensação do ofuscamento, de acordo com a escala *GSV* estão contidos na Tabela 12.

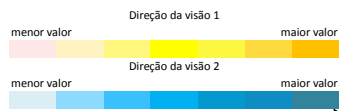
O intervalo, dentro do qual se encontram os valores do *DGI* das avaliações nas duas direções da visão, é menor quando comparado com os intervalos dos dois modelos anteriores, porém, as tendências são similares. Assim, quando a direção da visão é a primeira, o *DGI* possui maiores valores, os quais diminuem conforme a altura da linha de visão aumenta. Dentro desta direção, a Situação X tem os maiores valores na avaliação do ofuscamento. Já os valores na direção da visão 2 aumentam levemente com a altura, excetuando a Situação IX, na qual os valores diminuem com a altura da visão a partir de 0,52m e é nesta situação na qual estão os valores mais altos do *DGI*.

A Situação IX, na direção da visão 1, estima a sensação de desconforto por ofuscamento no “limite conforto-desconforto” nas 7 avaliações, variando os valores do *DGI* entre 22,64 e 23,81. Comparando este último valor com aquele obtido na altura de 0,67m, a diferença entre ambos é de 1,82%. Na direção da visão 2, tal sensação está entre “desconfortável” e “intolerável” para 5 das 7 avaliações, enquanto as 2 restantes qualificam a sensação só como “desconfortável”. Estas avaliações estão dentro do intervalo do *DGI* de 27,16 a 28,40 e, a diferença entre este valor máximo e o estabelecido para comparação é de 0,59%.

**Tabela 12: Valores de DGI obtidos no Modelo C**

SITUAÇÃO	ALTURA OLHOS (m)	MODELO C			DIREÇÃO VISÃO 1		DIREÇÃO VISÃO 2	
		POSTURA CORPORAL	PERCENTIL	IDADE (anos)	DGI	ESCALA DE VALOR	DGI	ESCALA DE VALOR
IX Norte 0° 09horas	0,44	Sentada no chão	P5 P50	4 e 5 5	22,64	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO	27,67	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL
	0,52	Sentada no chão	P95 P5	4 e 5 6	23,18	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO	28,40	DESCONFORTÁVEL
	0,67	Sentada em cadeira Sentada no chão	P5 P95	4 6	23,37	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO	28,23	DESCONFORTÁVEL
	0,76	Sentada em cadeira	P50 P5	4 e 5 5	23,39	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO	27,89	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL
	0,83	Em pé Sentada em cadeira	P5 P95 P5	4 4 e 5 6	23,44	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO	27,72	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL
	1,00	Sentada em cadeira Em pé	P95 P5, P50, P95	6 6, 5, 4*	23,62	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO	27,42	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL
	1,19	Em pé	P95	5 e 6	23,81	LIM. CONF-DESCONF	27,16	DESCONF-INTOLER.
X Norte 0° 15horas	0,44	Sentada no chão	P5 P50	4 e 5 5	29,86	INTOLERÁVEL	20,98	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	0,52	Sentada no chão	P95 P5	4 e 5 6	29,63	INTOLERÁVEL	20,89	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	0,67	Sentada em cadeira Sentada no chão	P5 P95	4 6	29,26	INTOLERÁVEL	21,28	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	0,76	Sentada em cadeira	P50 P5	4 e 5 5	28,95	INTOLERÁVEL	21,26	ACEITÁVEL-LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	0,83	Em pé Sentada em cadeira	P5 P95 P5	4 4 e 5 6	28,74	INTOLERÁVEL	21,29	ACEITÁVEL-LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	1,00	Sentada em cadeira Em pé	P95 P5, P50, P95	6 6, 5, 4*	28,19	INTOLERÁVEL	21,30	ACEITÁVEL-LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	1,19	Em pé	P95	5 e 6	27,52	DESCONF-INTOLER.	21,28	LIM. CONF-DESCONF
XI Norte 90° 09horas	0,44	Sentada no chão	P5 P50	4 e 5 5	26,73	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	22,15	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	0,52	Sentada no chão	P95 P5	4 e 5 6	26,61	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	21,97	ACEITÁVEL-LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	0,67	Sentada em cadeira Sentada no chão	P5 P95	4 6	26,32	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	22,25	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	0,76	Sentada em cadeira	P50 P5	4 e 5 5	26,14	DESCONFORTÁVEL-INTOLERÁVEL	22,22	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	0,83	Em pé Sentada em cadeira	P5 P95 P5	4 4 e 5 6	26,00	DESCONFORTÁVEL	22,24	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	1,00	Sentada em cadeira Em pé	P95 P5, P50, P95	6 6, 5, 4*	25,68	DESCONFORTÁVEL	22,30	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	1,19	Em pé	P95	5 e 6	25,28	DESCONFORTÁVEL	22,38	LIM. CONF-DESCONF
XII Norte 90° 15horas	0,44	Sentada no chão	P5 P50	4 e 5 5	25,25	DESCONFORTÁVEL	23,77	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	0,52	Sentada no chão	P95 P5	4 e 5 6	25,93	DESCONFORTÁVEL	23,41	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	0,67	Sentada em cadeira Sentada no chão	P5 P95	4 6	25,89	DESCONFORTÁVEL	23,50	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	0,76	Sentada em cadeira	P50 P5	4 e 5 5	25,69	DESCONFORTÁVEL	23,40	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	0,83	Em pé Sentada em cadeira	P5 P95 P5	4 4 e 5 6	25,55	DESCONFORTÁVEL	23,38	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	1,00	Sentada em cadeira Em pé	P95 P5, P50, P95	6 6, 5, 4*	25,19	DESCONFORTÁVEL	23,34	LÍMITE CONFORTO-DESCONFORTO
	1,19	Em pé	P95	5 e 6	24,78	DESCONFORTÁVEL	23,30	LIM. CONF-DESCONF

\* A ordem da idade corresponde à ordem dos percentis apresentada



Na Situação X, os valores do *DGI*, quando a direção da visão é a primeira, determinam a faixa entre 27,52 e 29,86. Estes valores, segundo a escala do *GSV*, definem a sensação produzida pelo ofuscamento como “intolerável” em 6 das avaliações e, entre “desconfortável” e intolerável” quando a altura dos olhos é 1,19m. A diferença existente entre o maior valor desta faixa e o *DGI* quando os olhos estão a 0,67m do piso é de 2,01%. Mudando a direção da visão para o outro extremo da sala, a sensação percebida está no “limite conforto-desconforto” para as 7 avaliações e para 3 delas, entre a anterior categoria e “aceitável”. Os valores relacionados a estas qualificações variam entre 20,89 e 21,30 e, a diferença entre o maior destes valores com o valor de comparação é de 0,11%.

Os resultados na direção da visão 1, da Situação XI, possuem valores do *DGI* que variam entre 25,28 e 26,73, indicando a sensação produzida pelo ofuscamento entre “desconfortável” e “intolerável” em 4 avaliações e, só “desconfortável” nas 3 restantes. Ao comparar o *DGI* na altura de 0,67m (26,32) com o maior desta direção, a diferença existente é de 1,55%. Quando a direção da visão é a segunda, os valores do *DGI* indicam que o ofuscamento gerado pelas fontes está no “limite conforto-desconforto” nas 7 avaliações e, em 1 delas, entre esta categoria e “aceitável”, havendo uma diferença de 0,59% quando realizada a comparação dos valores estabelecidos.

A última das situações, a XII, qualifica o ofuscamento produzido pela fonte como “desconfortável” em todas as avaliações da direção da visão 1, variando o valor do *DGI* entre 24,78 e 25,93. Na direção da visão 2, as 7 avaliações estão no “limite conforto-desconforto”, definidas dentro de um intervalo com pouca variação (23,30 e 23,77). As diferenças entre os valores escolhidos para comparação são de 0,15% e 1,14%, em cada uma das duas direções da visão.

#### **4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DOS RESULTADOS**

As quatro etapas nas que foram realizadas as análises, para caracterizar os campos visuais em cada avaliação de cada situação, apresentam os resultados de cada modelo de forma individual. Embora o processo visual seja dinâmico, variando continuamente a partir de estímulos distintos que influem na direção da visão, posição da cabeça e corpo. Ao serem comparados todos os resultados obtidos,



é possível identificar quais aspectos são comuns e marcantes entre as 12 situações avaliadas.

A ocupação relativa dos componentes permitiu identificar quais deles ocupam maior parte de cada uma das zonas do campo visual. Na visão central, a parte inferior das paredes (que vai desde o piso até 1,30m de altura) ocupa entre 42% até 100%, enquanto a parte superior das paredes (a partir de 1,35m de altura) ocupa 35% da zona quando a altura dos olhos é de 0,76m até 1,19m. O piso, assim como a janela, está presente nesta zona, em algumas das alturas avaliadas.

Daqueles componentes presentes no ergorama, os que ocupam maior área da zona são: a parte inferior e superior das paredes (entre 13% e 37% e, entre 10% e 37%, respectivamente), o piso, cuja ocupação varia entre 3% e 36%, e a janela, ocupando entre 3% e 23%. No panorama, o piso e o teto são superfícies que ocupam maior parte da zona, devido ao fato de que estas são as duas superfícies de maior área e, o ângulo sólido que define tal zona do campo visual é o maior. Estes componentes variam sua ocupação entre 18% até 38% e entre 17% até 34%, respectivamente.

Em relação às janelas, poucas vezes são desenvolvidas tarefas nas quais a visão é perpendicular à sua superfície. No entanto, devido às suas dimensões, é comum que façam parte do campo visual, pois estes são os componentes que permitem o contato visual com o exterior, fornecendo informações sobre este ou oferecendo uma visual agradável. Nas avaliações realizadas, quando a janela ocupa parte da visão central ou do ergorama, está localizada em um canto da zona e, sua localização em relação à altura da linha de visão é: acima desta linha nas menores alturas e dividida por esta linha nas maiores alturas. No panorama pode ser vista a totalidade da janela, variando sua ocupação entre 2% e 8%. Devido ao tamanho deste componente e sua relação com o tamanho da zona, quando as áreas que ocupa são comparadas com as dos outros componentes, estas não fazem parte das maiores.

Contudo, a geometria do local influencia a proporção na qual cada componente ocupa parte do campo visual, já que quando o ambiente possui pé direito variável, o teto e a área superior das paredes possuem menor e maior percentagem de área ocupada, respectivamente. O tipo de tarefa realizada é outro aspecto que modifica a área que cada componente ocupa. A mesa, o piso ou o

tapete podem aumentar sua área ao serem considerados como o plano de trabalho. Assim, segundo o ângulo da linha de visão e a quantidade de objetos dentro da sala de aula, as áreas superiores das paredes, assim como o teto, podem diminuir sua área de ocupação do campo visual ou não fazer parte dele.

Quando são comparadas as áreas ocupadas por cada componente com os valores de suas luminâncias médias, a distribuição destes nas zonas do campo visual muda. Na visão central, o componente de maior luminância média é a janela. Quando este componente não é visto por esta zona, a parte inferior das paredes é o componente de maior luminância média. No ergorama, tais componentes são: a janela, o teto e o piso. Nesta zona, as paredes podem apresentar luminâncias elevadas, especialmente quando há luz do sol sobre tais superfícies. No panorama, a janela é também o componente de maior luminância média. As paredes, nesta zona, possuem luminâncias médias elevadas, especialmente quando há luz solar no interior do local.

A identificação das luminâncias médias dos componentes nas zonas do campo visual permite estabelecer a relação de contraste entre tais zonas, analisando a distribuição das luminâncias no campo visual. Quando a altura dos olhos muda, há maior variabilidade no contraste entre a visão central e o ergorama, quando é vista uma abertura de maior área. Já o contraste entre o ergorama e o panorama pode ser ainda maior. Nas avaliações em que as aberturas são menores, localizadas a maior altura, os valores de contraste entre as zonas são menores e com pouca variação entre eles, quando a altura da linha de visão aumenta. Isto acontece também quando há duas aberturas na mesma superfície.

Ao serem realizadas as avaliações de desconforto causado por ofuscamento é possível identificar as condições nas que as luminâncias médias desses componentes têm maior influência em tal avaliação. Quando a sensação produzida pelo ofuscamento é “desconfortável” ou “intolerável” (valores do *DGI* maiores que 26 e 28, respectivamente), é devido a duas causas principais: i) luz solar em superfícies internas, principalmente sobre uma porção do piso e a parte inferior das paredes, fazendo com que a luminância média dessas áreas ensolaradas seja igual ou maior que a luminância média da janela; ii) muita diferença entre a luminância média da janela e a

luminância média do interior do local. As avaliações em que a sensação do ofuscamento é “imperceptível”, “aceitável” ou está no “limite conforto-desconforto” correspondem a valores do DGI menores que 22. Nestas situações, as condições foram: quando não há luz direta do sol na direção da visão ou quando há luz solar no interior, mas proveniente da janela oposta à direção da visão e é vista pouca área das superfícies ensolaradas.

As avaliações do desconforto causado pelo ofuscamento aumentam quando a altura da linha de visão aumenta, com os maiores valores do DGI, acontecendo quando a área da abertura é a maior, já que é vista a maior parte da abóbada celeste.

Todas estas avaliações foram realizadas para identificar quais são os componentes do projeto arquitetônico, para salas de aula, que podem influenciar mais na caracterização do campo visual e avaliação do ambiente luminoso, seja por sua ocupação do campo visual ou luminância média. Esses componentes são: a janela, a parte inferior das paredes, piso e teto. Sendo que, a parte inferior das paredes e o piso são os componentes que ocupam grande parte do campo visual e nos que a luminância média aumenta quando há luz solar incidente, enquanto o teto, que ocupa grande área do panorama, aumenta seus valores da luminância média, quando a abertura está localizada a maior altura.

O APÊNDICE E (pág.184) apresenta algumas fichas nas que se apresenta a caracterização do campo visual.

## 5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões, geradas a partir dos resultados obtidos, as limitações encontradas no desenvolvimento do estudo e as sugestões para pesquisas futuras.

### 5.1 CONCLUSÕES

A sala de aula é um dos ambientes onde tanto crianças quanto adolescentes passam grande parte do dia, realizando atividades visuais que envolvem diferentes planos e, portanto, em diferentes posturas corporais. Especificamente nas salas destinadas a ensino pré-escolar, tais atividades podem ser desenvolvidas de forma simultânea dentro do mesmo espaço, mas por diferentes usuários. Por isso, as características arquitetônicas destes ambientes deveriam ser projetadas levando em consideração o dinamismo dessas atividades e os diversos planos de trabalho de seus usuários.

O principal escopo deste trabalho foi conhecer como em diferentes alturas dos olhos, as características do campo visual variam. O entendimento dessa variação não é só em termos de áreas ocupadas no campo visual pelos componentes da arquitetura, mas também, com a distribuição das luminâncias médias de cada componente em cada uma das zonas do campo visual, as relações de contraste entre estas zonas e a avaliação do desconforto por ofuscamento que pode ser gerado pelas janelas.

A revisão bibliográfica apresentou parte do estado da arte no tema das avaliações de ofuscamento, evidenciando que, os ambientes de escritório (e as pessoas adultas) são o foco principal deste tipo de pesquisas. Neste estudo, foi considerada a variação na altura dos olhos (própria das crianças) como uma variável importante para caracterizar o campo visual e avaliar as condições de ofuscamento.

#### 5.1.1 Metodologia

Na metodologia proposta foi necessário **caracterizar as tarefas** que as crianças desenvolvem dentro da sala de aula, caracterização que foi realizada a partir de registros fotográficos e observação. Os **três modelos arquitetônicos** de sala de aula usados nas simulações, foram definidos de acordo com as características das salas de aula de Florianópolis. Para isto, foi realizado um levantamento arquitetônico que ajudou a identificar as tipologias arquitetônicas mais comuns de

salas de ensino pré-escolar, em instituições com 30 anos de funcionamento, recém-reformadas e o protótipo do projeto piloto do MEC. Em cada modelo e em duas direções da visão, foram realizadas avaliações em **sete alturas da linha de visão**, definidas segundo a postura corporal, idade e percentil.

Para realizar as avaliações, foi utilizado o programa **Apolux**, como ferramenta computacional. As simulações foram feitas sob condições de céu claro, em duas orientações e dois horários diferentes, para cada modelo. Assim, todos os dados requeridos para as caracterizações dos campos visuais das avaliações foram obtidos através das simulações.

A metodologia proposta requereu **um método analítico**, complementado por **um procedimento gráfico**. O método analítico permitiu a quantificação de áreas, luminâncias e avaliação do ofuscamento, usando a equação do *DGI*. Já o procedimento gráfico permitiu visualizar esses dados numéricos na forma de imagens dos campos visuais. Ambos, o método e o procedimento gráfico, de uma forma integrada, ofereceram as informações necessárias para uma caracterização do campo visual mais completa.

O processamento dos dados numéricos demandou mais tempo para a obtenção dos gráficos e tabelas apresentados nos resultados. O programa de simulação gerou arquivos em formato *.txt*, os quais tiveram que ser tratados em planilhas. A partir dessas planilhas foram produzidos os gráficos e tabelas necessários.

O cálculo do *DGI* também requereu processos intermediários entre os dados das simulações e o resultado final. Uma calculadora com todas as variáveis da equação foi desenvolvida para chegar ao valor do índice para cada avaliação. Os valores das luminâncias médias da fonte e do fundo foram tomados da planilha gerada pelo Apolux, enquanto os ângulos requeridos para o cálculo foram medidos manualmente sobre modelos *3Dface* no programa *AutoCad*. Este processo foi feito de forma individual para cada uma das 168 avaliações estabelecidas.

No caso do procedimento gráfico, o Apolux produz as imagens com a marcação das três zonas do campo visual, depois de realizadas as simulações e definida a localização do observador, tanto em planta como em altura (Figura 27, pág.81). No entanto, a calibração da escala de cores falsas para a produção das imagens deve ser estudada e

testada para cada caso, já que algumas das imagens geradas resultaram pouco legíveis.

O uso de varias ferramentas para a obtenção, processamento e análises dos dados, fez com que o método, mesmo permitindo realizar a caracterização dos campos visuais e a comparação entre eles, resultasse pouco eficiente nessa fase final. Além disso, o *software* para simulação obrigou com que as imagens fossem salvas imediatamente depois de realizada a simulação, já que pelo funcionamento do mesmo, o arquivo da radiosidade alterava os dados do tipo de céu e latitude depois de ser fechado.

Desde a escolha do programa de simulação até o índice para avaliar o desconforto por ofuscamento, o estudo apontou a **situações estáticas**. Esta condição fez possível à identificação da **sensação** causada pelo ofuscamento sob condições específicas de céu, localização do observador e direção da visão, o qual permitiu comparar todas as avaliações e identificar as semelhanças e diferenças entre elas.

### **5.1.2 Ocupação dos componentes arquitetônicos no campo visual**

A **variação geométrica** dos modelos arquitetônicos propostos indicou as diferenças na distribuição dos componentes da arquitetura quando a altura da visão muda, associando a cada zona do campo visual um ou vários componentes, de acordo com sua ocupação.

Quando o local é retangular, com pé direito uniforme, os componentes que aparecem na visão central são: a parte inferior das paredes (entre 50% e 100%) e a parte superior das mesmas, quando a altura é de 1,00m e 1,19m (30%). No ergorama, quando a altura da visão está entre 0,67m e 1,19m, a parte inferior das paredes, para onde está dirigida a visão, é um dos componentes de maior ocupação (até 30%), seguido pela parte superior das paredes com até 35%, quando a altura está entre 0,83m e 1,19m. Quando os olhos estão entre 0,44m e 0,52m, o piso é o componente que ocupa maior área (26%). No panorama, o piso e o teto são os componentes de maior ocupação. Quando a altura é de 0,44m até 0,67m, o piso ocupa até 40% da zona, enquanto o teto ocupa a maior área quando os olhos estão entre 0,76m e 1,19m (33%).

Quando a geometria é quadrada e com pé direito uniforme, os componentes de maior ocupação, na visão central, são: a parte inferior das paredes (até 97%), quando a altura da linha de visão está entre 0,67m e 0,83m, e a parte superior das paredes (até 35%), a partir de 0,76m de altura. O piso só ocupa parte desta zona quando os olhos estão na altura de 0,44m. No ergorama, a maior ocupação pertence às paredes, tanto a parte superior como a parte inferior (com até 25% e 35%, respectivamente), sendo que a parte superior ocupa maior área quando a altura dos olhos é maior. Nas alturas entre 0,44m e 0,67m, o piso ocupa maior área que nas outras alturas, com até 27% da área da zona. A área ocupada pela janela aumenta com a altura, sendo que entre 0,83m e 1,19m ocupa até 20% do ergorama. O piso e o teto são os dois componentes de maior ocupação do panorama. O piso, quando a altura está entre 0,44m e 0,67m, ocupa até 38% da zona do campo visual, enquanto o teto, a partir de 0,76m ocupa até 33%.

A Figura 39 apresenta, para cada postura corporal, segundo a altura da visão, um ou vários componentes que de acordo com sua ocupação pode ser associado às posturas consideradas para as situações avaliadas.

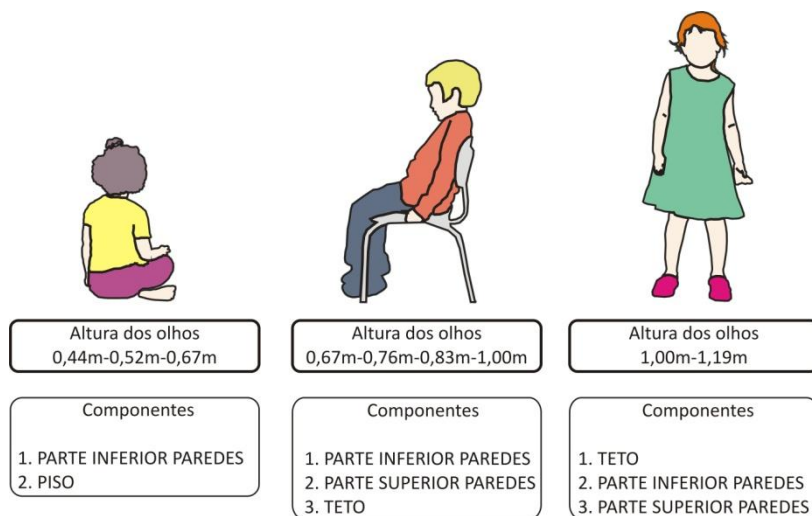


Figura 39: Componentes de maior ocupação por postura corporal

Nos modelos usados, quando a geometria é quadrada, mas o pé direito é variável, a distribuição dos componentes é semelhante às distribuições apresentadas no caso anterior, apresentando só pequenas variações nas áreas superiores de algumas paredes e do teto. As diferenças na geometria da planta variam a ocupação da janela no campo visual (com uma diferença de até 76%) entre ambos os ambientes, sendo maior quando a geometria da planta é quadrada. A diferença de ocupação da parte superior e inferior das paredes é de 25% e 21%, respectivamente, sendo maior quando a geometria da planta é retangular. Para os outros componentes, estas diferenças não são significativas.

Em outras configurações arquitetônicas, a ocupação dos componentes nas zonas do campo visual e a distribuição das luminâncias podem variar conforme a direção da visão muda.

### 5.1.3 Distribuição das $L_{médias}$

As **diferentes simulações** permitiram identificar as variações na distribuição das luminâncias dos componentes, quando a altura da linha de visão muda.

Nas circunstâncias estudadas, a janela é o componente que possui as maiores luminâncias médias e que, dependendo do seu tamanho pode ocupar parte das três zonas do campo visual. As mudanças nas luminâncias médias deste componente variam com a altura, segundo as condições da abóbada celeste e da orientação.

Na visão central, quando a janela não ocupa parte da zona, as maiores luminâncias médias são as da parte inferior das paredes, cuja luminância média é a menor na altura de 0,44m e a maior na altura de 1,19m.

No ergorama, as maiores luminâncias correspondem à janela, o piso e o teto. Em relação ao teto, suas luminâncias dependerão do tamanho e localização das aberturas, já que quando a altura da verga é menor, as luminâncias do teto tendem a aumentar com a altura (maiores luminâncias médias na altura de 1,19m).

No panorama, a janela e o teto são os componentes que possuem maior luminância média. Quando a janela tem área menor (localizada a maior altura) e sua luminância média é maior que a luminância média do interior do local (ou fundo), a magnitude da luminância média é a maior na altura de 1,19m e menor na altura de



0,44m, nos casos analisados. Já quando sua área aumenta, diminuindo a altura do peitoril, a maior luminância média corresponde à altura de 1,19m, nas condições em que não há sol no interior. Quando há sol na direção para a qual está dirigida a visão, a luminância média da janela é a maior na altura de 0,44m ou com pouca variação, se a área ensolarada é oposta à direção da visão.

Contudo, ao serem usados valores de luminância média, não é possível identificar como a luz se distribui no espaço. As imagens apresentadas no APÊNDICE C (pág.157) e no APÊNDICE D (pág.169) permitiram visualizar tal distribuição e identificar que o piso e a parte inferior das paredes são as superfícies sobre as quais há incidência direta de luz solar, elevando o valor de sua luminância média por esta causa.

Uma síntese geral dos componentes de maior ocupação vs. maior luminância média, nas três zonas do campo visual, é apresentada na Figura 40.

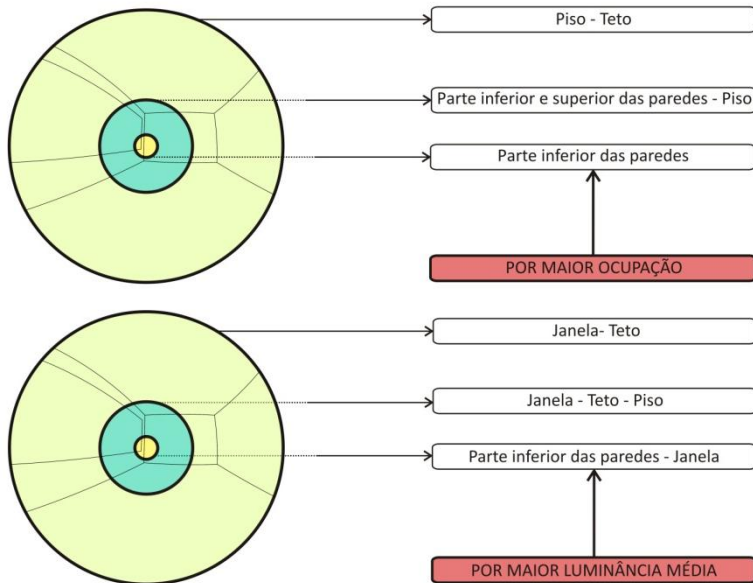


Figura 40: Componentes de maior ocupação e maior  $L_{méd.}$  no campo visual

A síntese realizada se baseia na comparação dos dados obtidos nas avaliações realizadas nas duas direções da visão. Desses resultados

é possível identificar que aqueles componentes que ocupam maior parte de cada uma das zonas do campo visual não são necessariamente os mesmos que possuem os maiores valores das luminâncias médias. Tal como foi dito, Figura 40 é resultado da comparação das situações específicas avaliadas, porém, já que o processo visual é dinâmico e varia segundo a posição do corpo, da cabeça e movimentos dos olhos, naquelas situações nas que a direção da visão esteja dirigida para um componente determinado, por exemplo, a janela, poderá haver coincidência entre os componentes de maior ocupação e maior luminância média.

#### 5.1.4 Desconforto causado por ofuscamento

Em relação às avaliações do desconforto causado pelo ofuscamento, as variações na **altura dos olhos** do observador tanto como na **direção da visão**, evidenciaram a influência que têm estas duas variáveis na definição da sensação do ofuscamento. Nas duas direções da visão avaliadas o campo visual abrange aberturas, que segundo a direção, é a de maior ou a de menor área.

Quando na direção da visão é vista a abertura que tem área maior (PAF de 30% ou 50%), a sensação de desconforto por ofuscamento é “intolerável” ou “imperceptível” ou está no “limite conforto-desconforto”, correspondendo a valores do *DGI* maiores que 22. Em tais avaliações, segundo a altura da visão a variação nos valores do *DGI* também dependem das características do céu, de acordo com a orientação. Quando não há sol no interior do ambiente, os valores do *DGI* são maiores nas alturas entre 1,00m e 1,19m (em pé) e menores nas alturas desde 0,44m até 0,52m (sentada no piso). Já nas condições em que há sol no interior do local, incidindo sobre o piso e/ou sobre a parte inferior das paredes, os maiores valores do *DGI* correspondem às alturas entre 0,44m e 0,52m e os menores valores às alturas entre 1,00m e 1,19m. Contudo, quando a planta da sala de aula é quadrada, e há luz solar só na parte inferior das paredes, o maior valor do *DGI* se dá na altura de 0,67m (sentada em cadeira).

As avaliações nas quais a direção da visão está dirigida para a abertura de menor área (PAF de 15%), o *DGI*, na maioria das avaliações, possui um valor máximo de 22, sendo maior quando a altura dos olhos é de 0,44m (sentada no piso) e menor quando a altura é 1,19m (em pé). A sensação de desconforto por ofuscamento,

definida por estes valores, está entre “imperceptível” ou “aceitável”, nas situações em que a luz do sol provem da janela oposta à direção da visão ou não há luz solar direta.

Já quando na direção da visão são vistas duas aberturas na mesma superfície, uma de maior área (e localizada a maior altura) e outra de menor área (totalizando um PAF de 40%), os valores do *DGI* variam entre 22 e 28, correspondendo a sensações entre o “limite conforto-desconforto” ou intolerável. Nas situações em que não há sol no interior do ambiente, ou há luz solar na parte superior e inferior das paredes, o valor do *DGI* é maior quando a altura está entre 0,44m e 0,67m. Já nas situações nas que a luz solar provem da janela oposta à direção da visão, o valor do *DGI* é maior nas alturas entre 1,00m e 1,19m. Contudo, nas avaliações quando são vistas duas aberturas na mesma superfície, os valores do *DGI* apresentam pouca variação, sendo quase constante a partir de 0,52m de altura.

#### **5.1.5 Diretrizes projetuais**

Finalmente, a variação da altura da linha de visão, em função das posturas corporais, permitiu identificar sua influência na caracterização do campo visual e na avaliação do desconforto causado pelo ofuscamento. No caso das salas de aula, e neste caso aquelas destinadas a ensino pré-escolar, a identificação dos aspectos dos componentes que vão ter alguma influência na avaliação do ambiente visual é importante, já que, na maioria das vezes, estes espaços só possuem as cortinas como dispositivo para o controle da iluminação natural, dispositivo que é manipulado por uma pessoa adulta. Assim, as condições do ambiente luminoso dependem principalmente da apreciação visual do professor e seu julgamento da quantidade de luz necessária, para que as crianças realizem as atividades. Devido a isto, o projeto arquitetônico destes ambientes deveria considerar as atividades que se desenvolvem em diferentes alturas da linha de visão, e de forma simultânea no espaço, para melhorar a percepção do ambiente visual e a sensação de conforto.

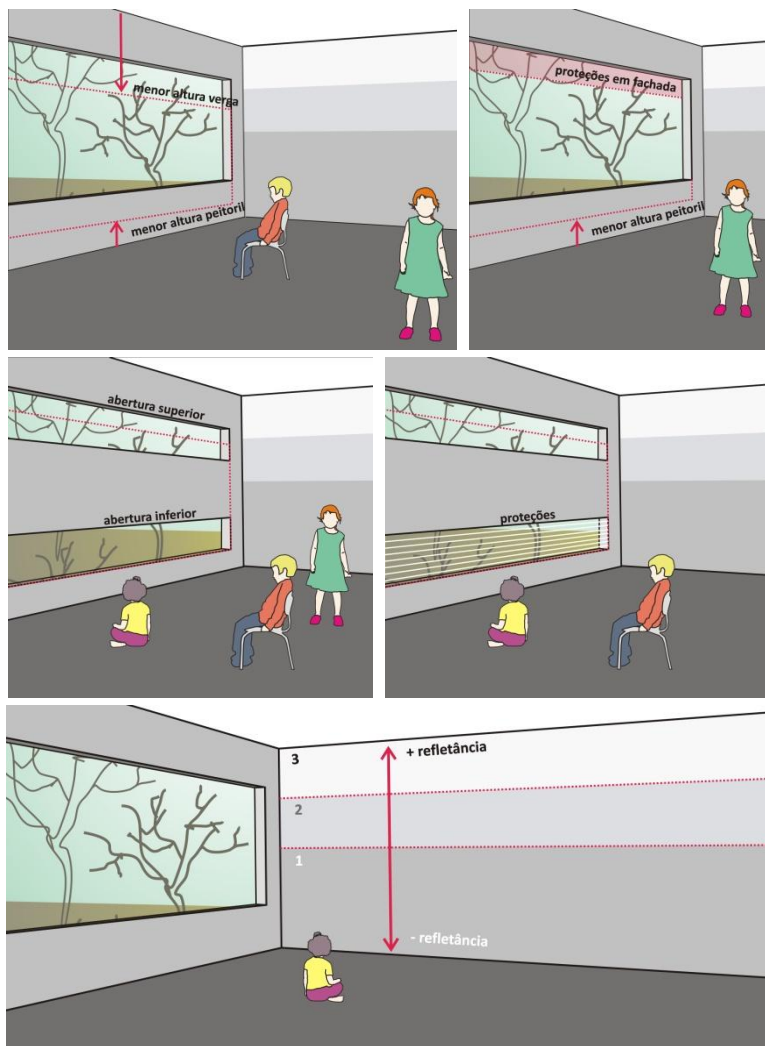


Figura 41: Diretrizes projetuais

A partir dos resultados foram identificados os aspectos dos componentes da arquitetura que devem ser considerados no projeto arquitetônico para melhorar a percepção do ambiente luminoso e a avaliação do desconforto por ofuscamento. Tais aspectos seguem as seguintes diretrizes projetuais e são os apresentados na Figura 41:

- diminuir a área de céu vista através da janela. Para isto podem ser adotadas diferentes medidas, como: proteções externas de acordo com a orientação, aumentar a altura do peitoril e diminuir a altura da verga, para que o formato da janela seja retangular;
- dividir a área da janela em varias aberturas, para diminuir a área de céu enxergada pela visão central e o ergorama,
- especializando as aberturas, distribuindo-as através da altura da parede e assim destinar uma área a iluminação (na parte superior) e outra área para observar a paisagem exterior (na parte inferior);
- controlar a quantidade de luz solar que incide no piso e na parte inferior das paredes, com brises horizontais ou cortinas tipo persianas nas aberturas mais baixas;
- diminuir a refletância do piso e da parte inferior das paredes;
- dividir em mais partes (pelo menos 3) as paredes que não possuem aberturas, para que a refletância das partes aumente com a altura.

Os objetivos específicos propostos neste trabalho foram atingidos segundo os métodos e técnicas usados no percorrer da pesquisa, sendo que cada um deles contribuiu na abordagem do objetivo geral.

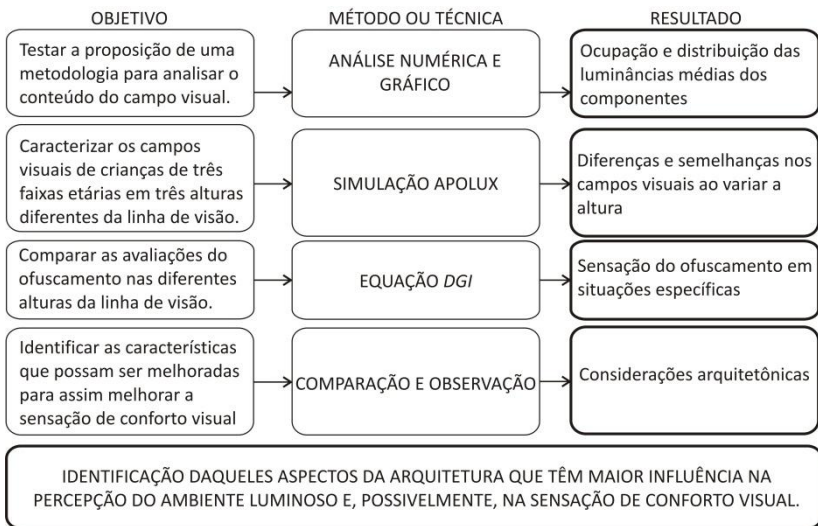


Figura 42: Objetivos e resultados alcançados

## **5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.2.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO**

O tema do conforto visual, por ser um tema tão vasto, pode ser abordado de diferentes formas. O trabalho desenvolvido apresenta um cenário limitado de variáveis consideradas para a caracterização do campo visual. As principais limitações referirem-se ao nível de detalhamento dos modelos de simulação, a desconsideração dos objetos que são usados ao realizar cada tarefa e que variam de uma postura a outra, e o número de datas e horários avaliados.

Dentro dos aspectos que podem ser considerados para a definição dos modelos arquitetônicos avaliados está a decoração das salas de aula de ensino pré-escolar já que estes elementos diminuem a área visível das superfícies, e conseqüentemente o ambiente luminoso.

Em relação à localização do observador dentro de cada modelo arquitetônico, o levantamento de dados de diferentes pontos permitiria fazer uma avaliação mais detalhada e completa do espaço e suas condições de iluminação, já que seria possível levantar maior número de campos visuais e a partir de sua caracterização conhecer com maior exatidão aquelas características que influenciariam na avaliação do conforto pelo ofuscamento.

Devido ao índice escolhido para avaliar a sensação de ofuscamento, os resultados de tais avaliações são obtidos em condições estáticas, tanto do céu como da adaptação visual dos usuários. Igualmente, o interesse visual ou lúdico não é considerado pelo *DGI*, desestimando a influência que este pode ter na tolerância da sensação do ofuscamento.

### **5.2.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Para atingir os aspectos desconsiderados neste trabalho e assim melhorar os resultados de trabalhos futuros, sugere-se:

- Avaliar a importância do mobiliário e daqueles elementos decorativos (como imagens, papéis de cores, cartazes) e que influenciam no conteúdo do campo visual, para que sejam incluídos ou não nos modelos arquitetônicos usados nas simulações. Estas avaliações poderiam ser realizadas pela utilização de imagens HDR.

- Incluir aqueles elementos envolvidos em cada atividade realizada, e que definirão o interesse na visual.

- Aplicar a metodologia proposta em simulações dinâmicas, que permitam realizar a caracterização ao longo do tempo e não só em função da variável espacial.

- Aprofundar a área de avaliação subjetiva do usuário, tanto alunos quanto professores, incluindo a percepção e preferência de cada pessoa por determinadas condições de iluminação. Este tipo de análise permitirá complementar a avaliação obtida por meio de modelos de simulação e modelos matemáticos, que foram os usados neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABNT (1991). **NBR-15215-4 Iluminação natural** – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 13p.
- ABNT (1992). **NBR-5413 Iluminância de Interiores**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 13p.
- AVILA, Rosaíó; PRADO, Lilia R.; GONZALEZ, Elvia L.. **Dimensiones antropométricas de la población Latinoamericana**. México: Centro Universitario de Arte, Arquitectura Y Diseño, 2001. 205 p.
- BACKER, Nick; STEEMERS, Koen. **Daylight desing of buildings**. London: James & James, 2002. 245 p.
- BASSEDAS, Eulalia; HUGUET, Teresa; SOLÉ, Isabel. **Aprender a ensinar na educação infantil**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 357 p.
- BOMMEL, Wout Van. Visual, Biological and emotional aspects of lighting: recent new findings and their meaning for lighting practice. **Leukos**, Usa, v. 2, n. 1, p.7-11, July 2005.
- BOUBEKRI, Mohamed. **Daylighting, Architecture and Health**. Inglaterra: Elsevier, 2008. 144 p.
- BOYCE, Peter R. **Human Factors in Lighting**. 2. ed. London: Taylor & Francis, 2003. 525 p.
- BOYCE, Peter R.. **Illuminance selection based on visual performance and other fairy stories**. Disponível em: <[www.labcon.ufsc.br](http://www.labcon.ufsc.br)>. Acesso em: 22 jun. 2010.
- CHOUVEL, P. et al. Glare from windows: current views of the problem. **Lighting, Research And Technology**, London, v. 14, n. 1, p.31-46, 23 maio 1982.
- CIBSE (London). **Code for Interior Lighting**. London: Publications Secretary, 1994. 286 p.
- CLARO, A.; PEREIRA F.O..R; AGUIAR, G.R. (2003). **APOLUX. Versão V**. Florianópolis, SC. 2010.



DAYSIM (Canada). Disponível em: < <http://daysim.com/index.html>>. Acesso em: 23 de fevereiro 2011.

EBLE-HANKINS, Michelle L.; WATERS, Clarence E. Subjective Impression of Discomfort Glare from Sources of Non-Uniform Luminance. **Leukos**, Usa, v. 6, n. 1, p.51-77, jul. 2009.

GIMENO, Inmaculada Bueno; SERRAT, Maria Antònia Canella; SOLDEVILLA, Rosern Isern. **Influència de la visió en el aprendizaje**. Disponível em: <[www.uv.es/~visual/](http://www.uv.es/~visual/)>. Acesso em: 12 fev. 2010.

GODOY, Rafael Villazón; FONSECA, Jorge Ramírez; VARGAS, Jaime Garcia. **Eficiencia lumínica en arquitectura**. Bogotá: Ediciones Uniandes, 2004. 129 p.

HESCHONG MAHONE GROUP (Usa). **Re-Analysis Report: Daylighting in schools**, Additional analysis. Usa, 2002. 83 p.

Heschong Mahone GROUP; California Energy COMMISSION, (Org.). **Windows and Classrooms: A study of student performance and the indoor enviroment**. California: Energy Comission, 2003. 131 p.

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

HYGGE, Staffan; LÖFBERG, Hans Allan. User evaluation of visual discomfort in some buildings of the daylight Europe Project. **Right Light**, Suécia, v. 2, n. 4, p.69-74, 1997

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão. **Antropometria e análise do estado nutricional de crianças e adolescentes no Brasil**. Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoodevida/pof/2003medidas/pof2003medidas.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2010.

IESNA- Illumination Engineering Society of North America. **Lighting handbook: reference & applications**. 9th ed. New York. 989p, 2000.

INANICI, M. N.; NAVVAB, M.. The Virtual Lighting Laboratory: Per-pixel Luminance Data Analysis. **Leukos: The Illuminating Engineering Society of North America**, Usa, v. 3, n. 2, p.89-104, Oct. 2006.

IWATA, T., HATAO, A., SHUKUYA, M., KIMURA, K. Visual comfort in the daylight luminous environment: structural model for evaluation. **Lighting, research and technology** 26. 1994

IWATA, Toshie et al. Experimental study on discomfort glare caused by windows: subjective response to glare from a simulated window. **Journal Of Archit. Plann. environ. engng.**, Korea, v. 432, n. , p.21-33, 1992.

KIM, Wonwoo; AHN, Huyn Tae; KIM, Jeong Tai. A first approach to discomfort glare in presence of non-uniform luminance. **Building And Environment**, Korea, v. 43, n. , p.1953-1960, 2008.

KIM, Wonwoo; KOGA, Yasuko. Effect of local Background luminance on discomfort glare. **Building And Environment**, Japón, v. 39, n. , p.1435-1442, 2004.

KÜLLER, Rikard; LINDSTEN, Carin. Health and behavior of children in classrooms with and without windows. **Journal Of Environmental Psychology**, Suécia, v. 12, n. 4, p.305-317, 13 jul. 1992.

LEUDER, Rani; RICE, Valerie J. Berg (Ed.). **Ergonomics for children: Designing products and places for toddlers to teens**. New York: Taylor & Francis, 2008. 961 p.

MARTAU, Betina Tschiedel; SCARAZZATO, Paulo Sergio. Impactos não visuais da iluminação. In: ENCAC, 10. 2009, Natal. **Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído**. Natal: Comitê Científico, 2009. p. 1357 - 1366.

MEC (Org.). **Parâmetros Básicos de Infra-estrutura para Intituições de Educação Infantil**. Brasília: Mec, 2006. 50 p.

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

NAZZAL, Ali. A new evaluation method for daylight discomfort glare. **Industrial Ergonomics**, Finlândia, v. 35, n. , p.295-306, 2005.

NE'EMAN, E.; HOPKINSON, R.G.. Sunlight in buildings. requirements and recommendations. In: CIE SESSION, 18., 1975, Londres. **Conference**. Londres: CIE, 1976. v. 36, p. 431 - 444.

NE'EMAN, E.. Visual aspects of sunlight in buildings. **Lighting, Research And Technology**, Londres, v. 6, n. 3, p.159-164, 1974.

PANERO, Julius; ZELNIK, Martin. **Las dimensiones humanas en los espacios interiores**. 11. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2006. 320 p.

PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay; SOUZA, Marcos Barros de (Comp.). **Apostila de conforto ambiental: Iluminação**. Florianópolis: UfSC, 2002. 80 p.

RADIANCE (USA). Disponível em: < <http://radsite.lbl.gov/>>. Acesso em: 23 de fevereiro 2011.

REINHART, C. F. Tutorial on the Use of Daysim Simulations for SustainableDesign. Institute for research in Construction National Research Council Canada, Canada. 2006.

TREGENZA, Peter; LOE, David. **The design of lighting**. London: E and FN Spon, 1998.

TUAYCHAROEN, N., TREGENZA, P. View and discomfort glare from Windows. **Lighting, Research and Technology**, Inglaterra, v. 39. 2007.

TUAYCHAROEN, N; TREGENZA, P. Discomfort glare from interesting images. **Lighting, Research and Technology**, Inglaterra, v. 37, n. 4, p.329-341, 2005.

VELDS, Martine. User acceptance studies to evaluate discomfort glare in daylight rooms. **Solar Energy**, Japón, v. 73, n. 2, p.95-103, 2002.

WIENOLD, Jan. Dynamic daylight glare evaluation. In: INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION CONFERENCE, 11., 2009, Scotland. **Building simulation**. Glasgow: International Building Performance Simulation Association, 2009. v. 1, p. 944 - 951. CD-ROM.

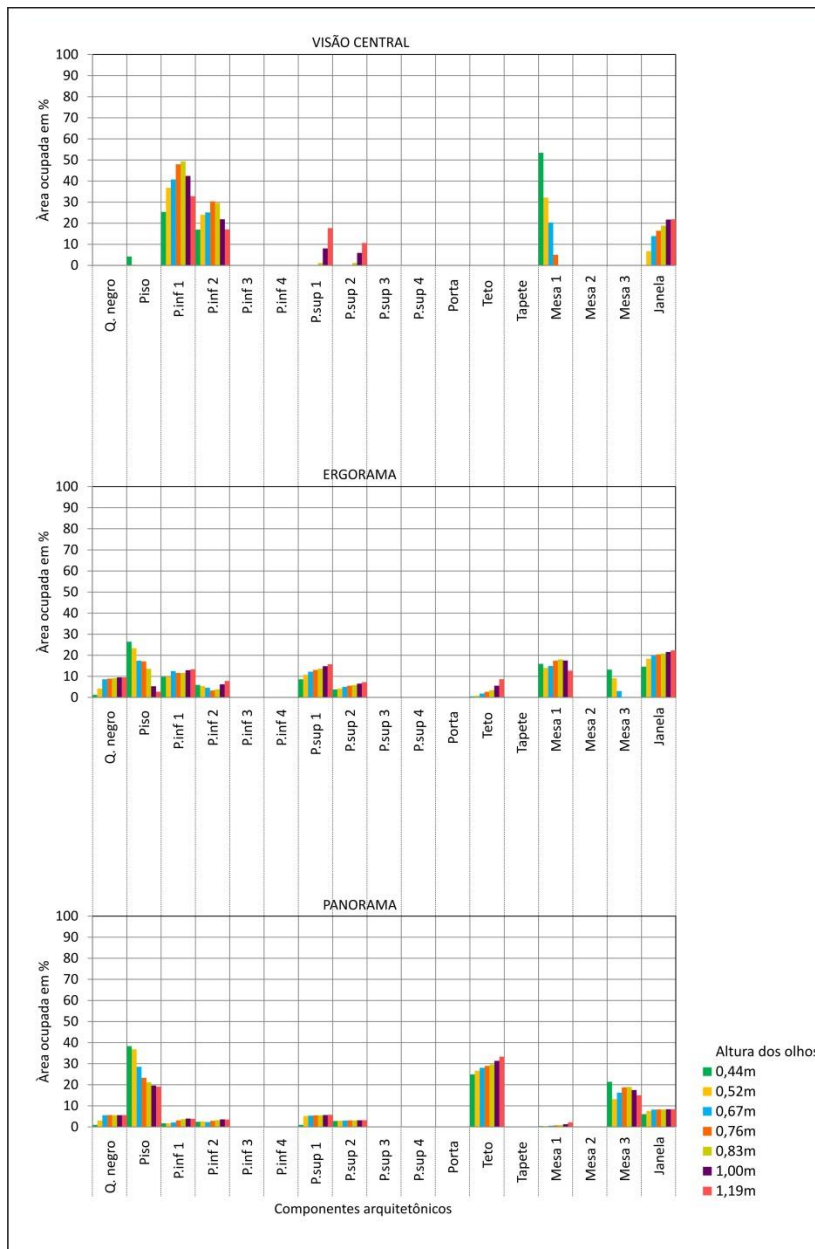
WIENOLD, Jan; CHRISTOFFERSEN, Jens. Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. **Energy and Buildings**, v. 38, n., p.743-757, 2006.

[www.labeee.ufsc.br/downloads/downloadaclim](http://www.labeee.ufsc.br/downloads/downloadaclim). Acesso em: 01 setembro 2010.

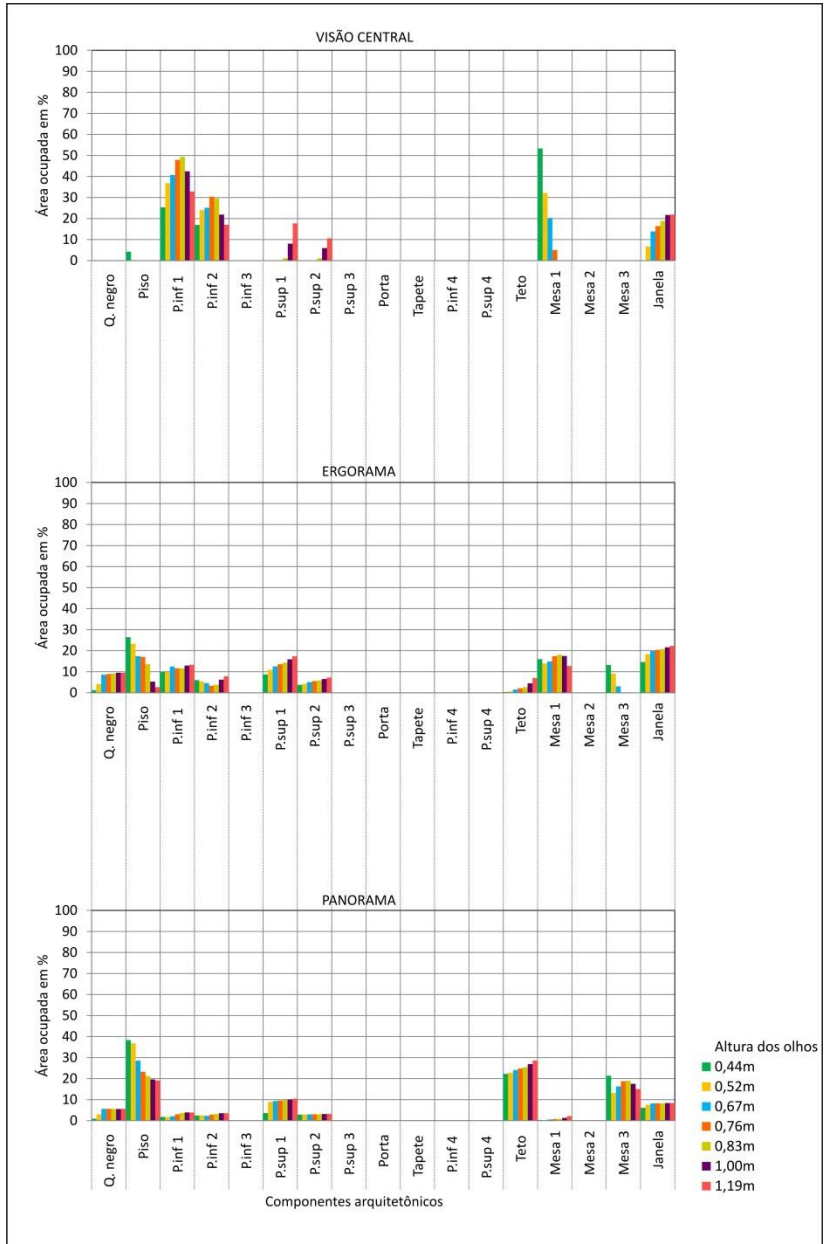
WYMELENBERG, K.; INANICI, M.; JOHNSON, P.. The Effect of Luminance Distribution Patterns. **Leukos**: The Illuminating Engineering Society of North America, USA, v. 7, n. 2, p.103-122, out. 2010.

# APÊNDICE A- Componentes no campo visual. Direção da visão 1

## 1. Modelo B

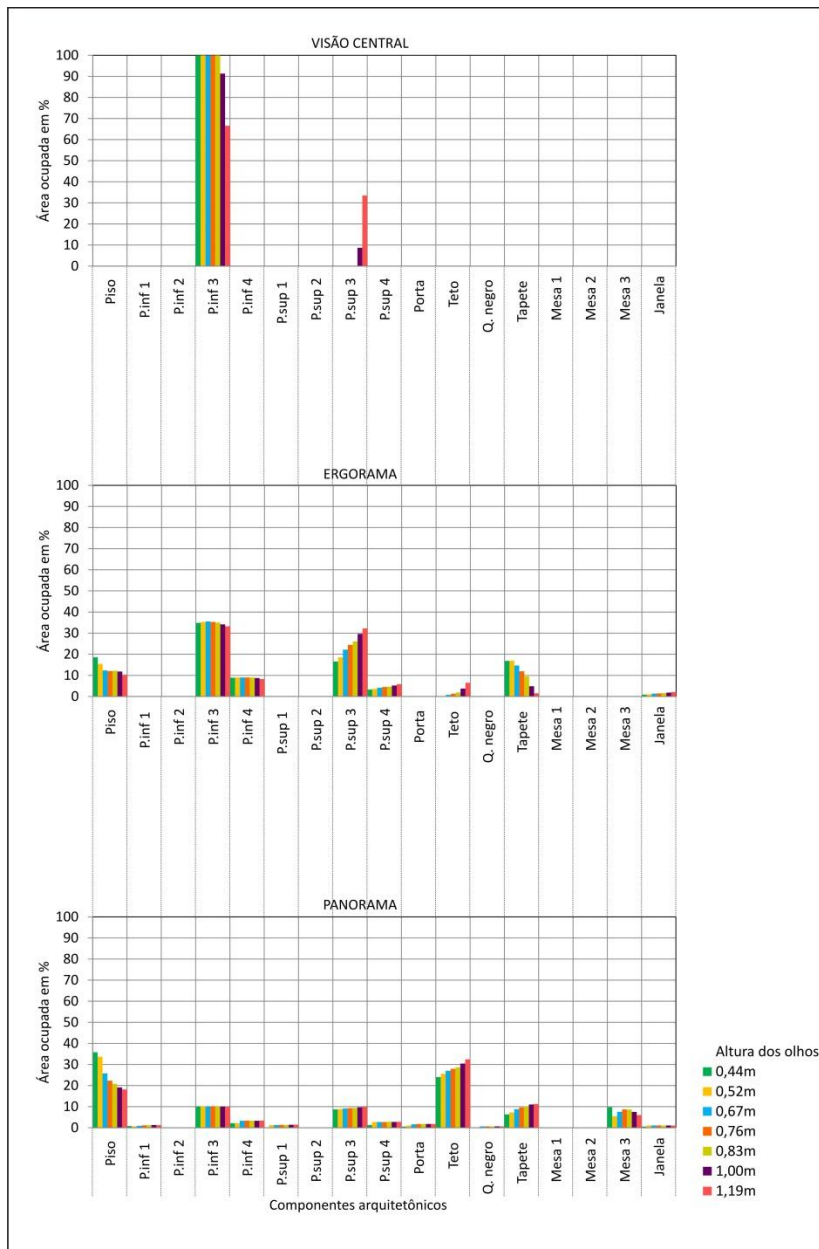


## 2. Modelo C

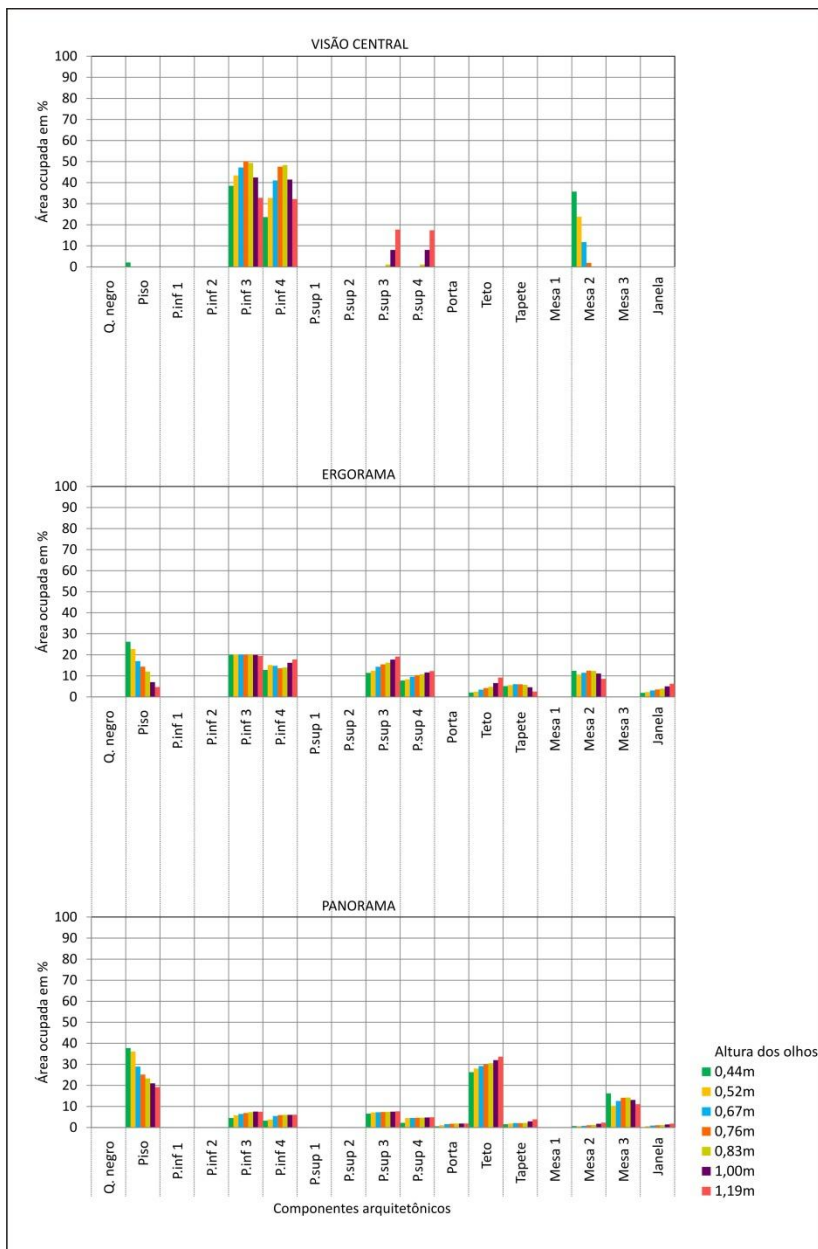


## APÊNDICE B- Componentes no campo visual. Direção da visão 2

### 1. Modelo A

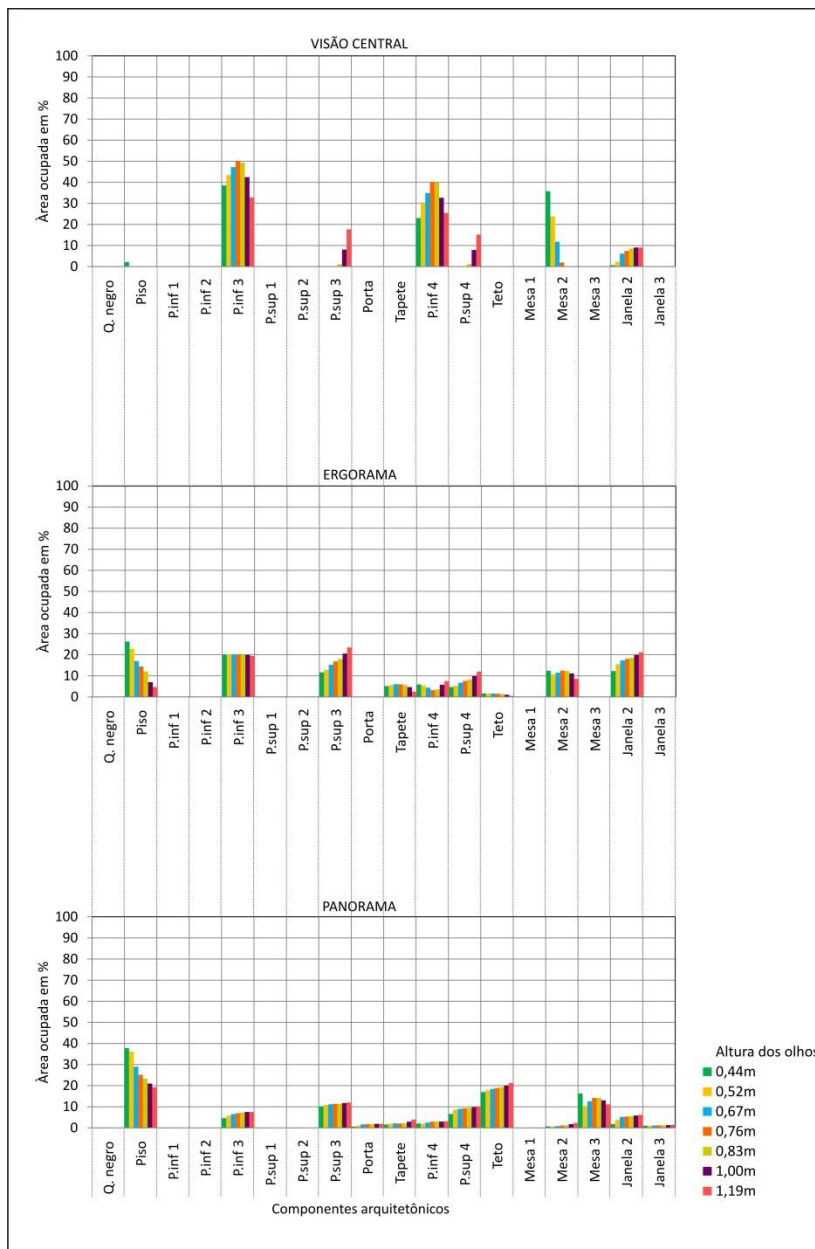


## 2. Modelo B



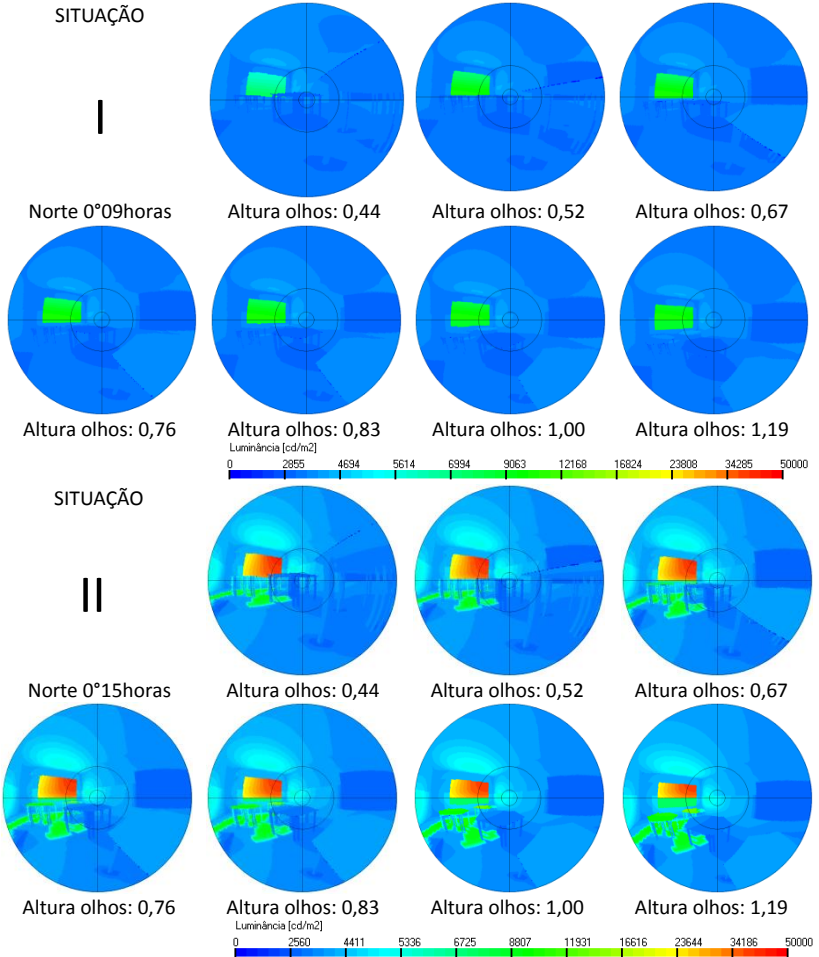


### 3. Modelo C



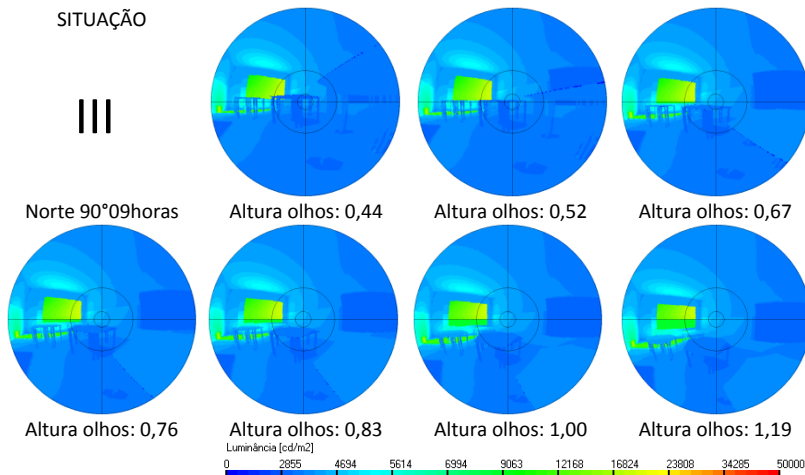
## APÊNDICE C- Distribuição das $L_{médias}$ Direção visão 1

### 1. Modelo A: Imagens da distribuição das L no campo visual



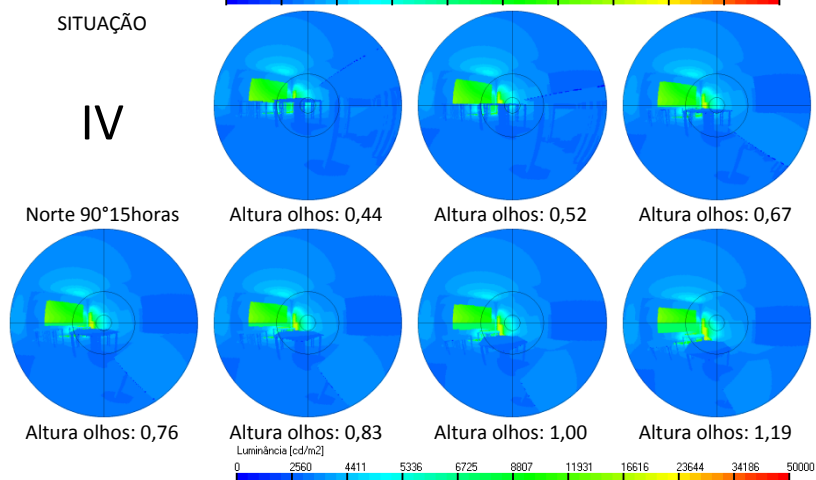
SITUAÇÃO

III

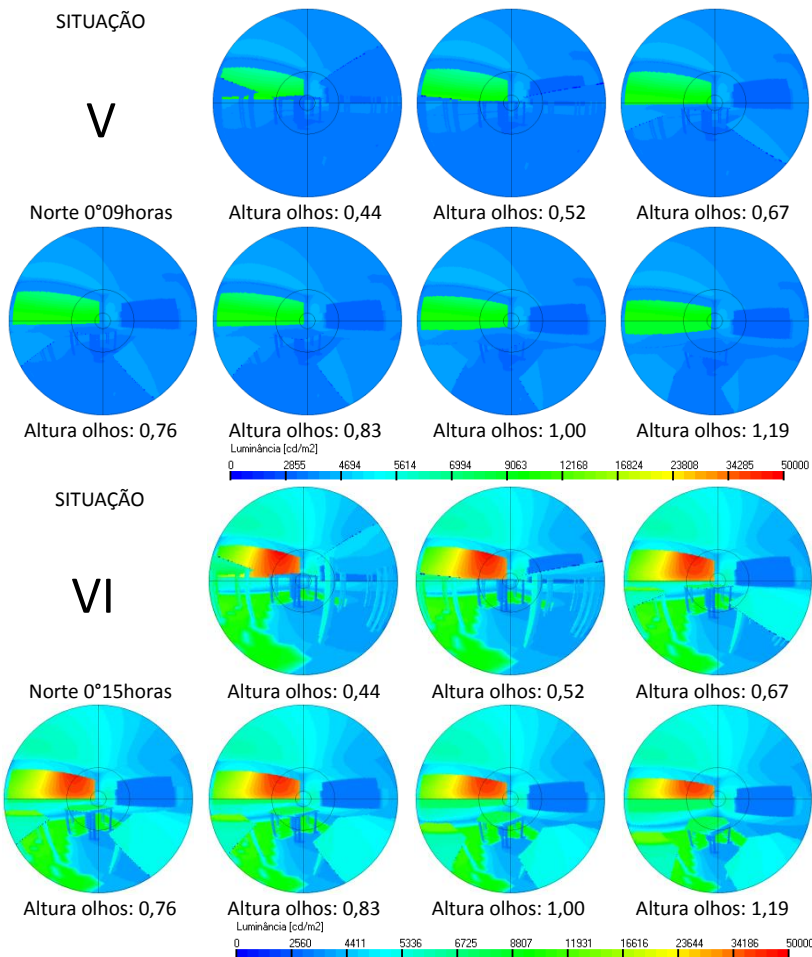


SITUAÇÃO

IV

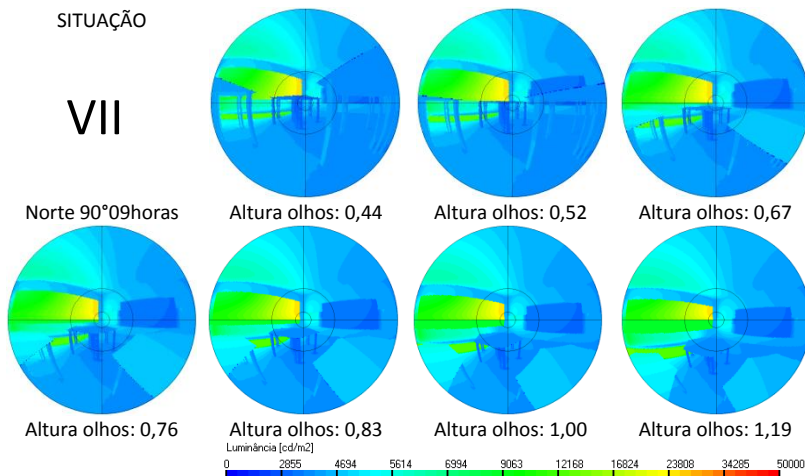


## 2. Modelo B: Imagens da distribuição das L no campo visual



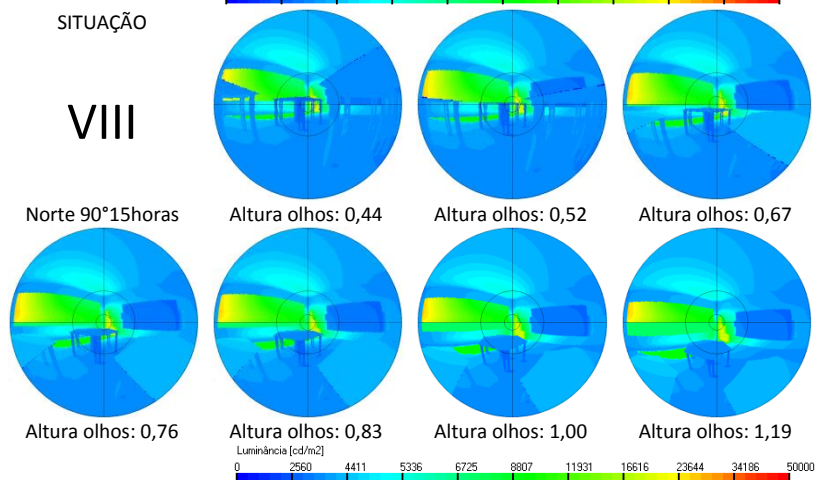
SITUAÇÃO

## VII

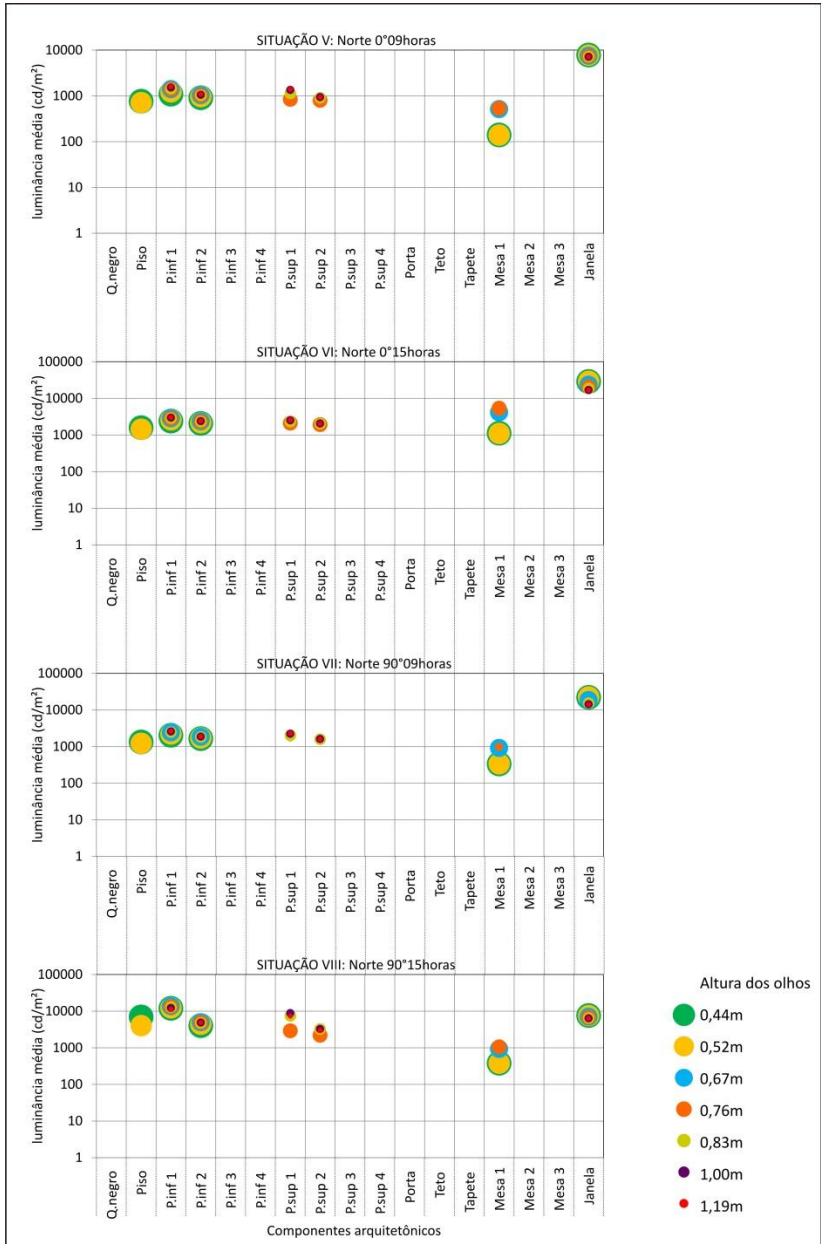


SITUAÇÃO

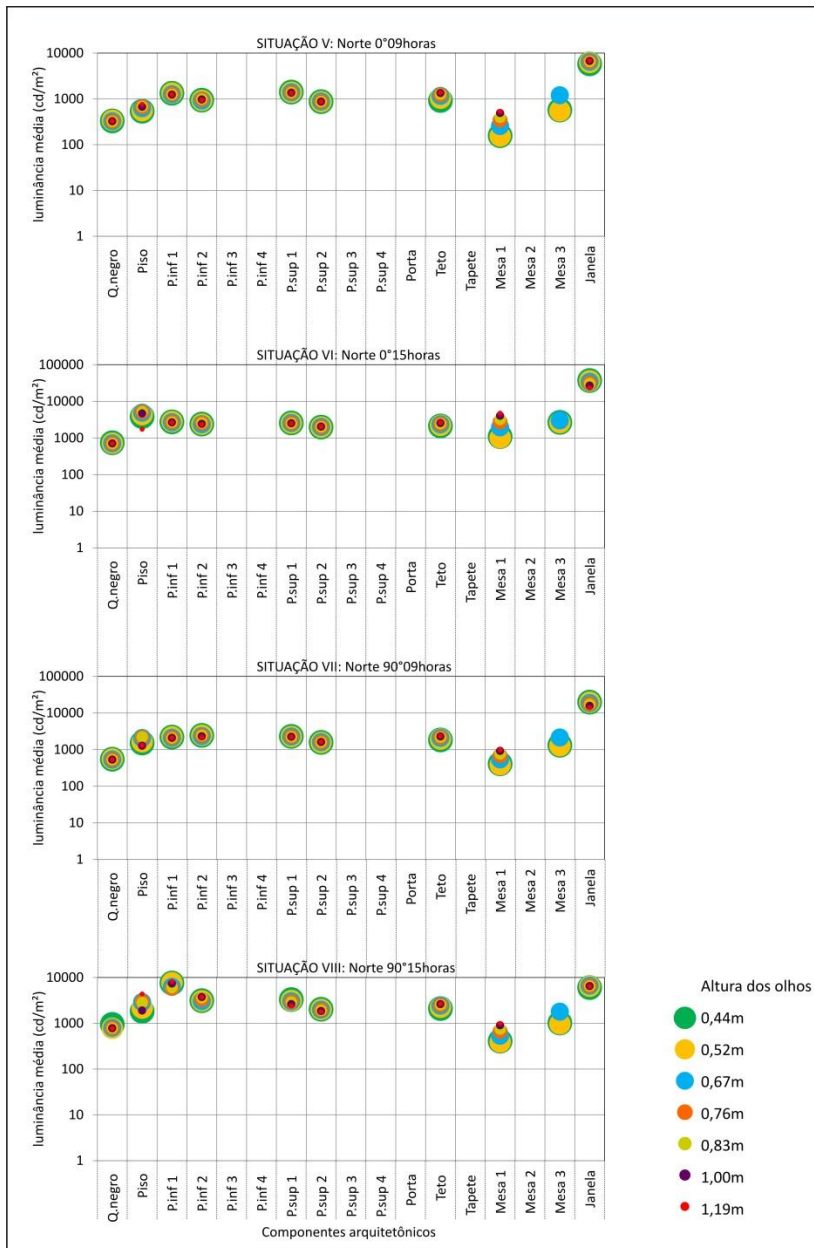
## VIII



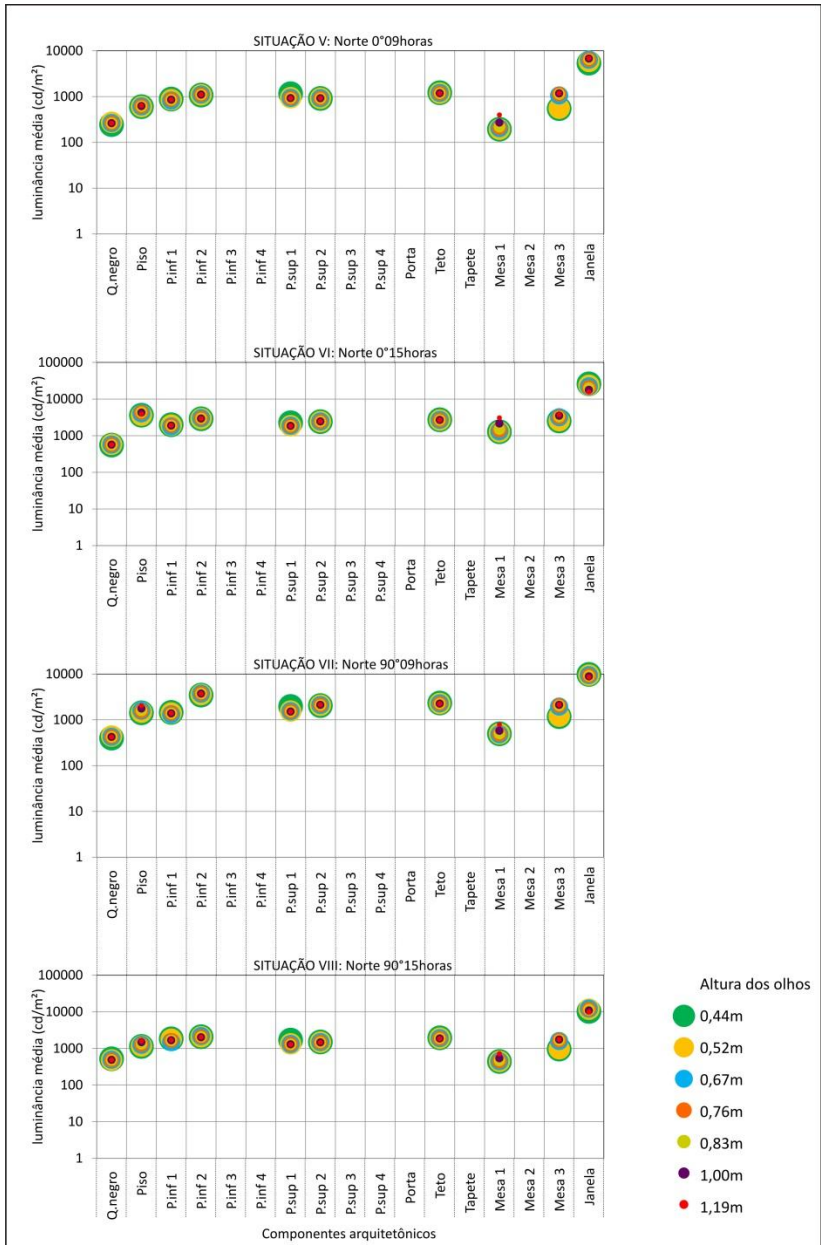
### 3. Modelo B: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes na visão central



#### 4. Modelo B: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no ergograma

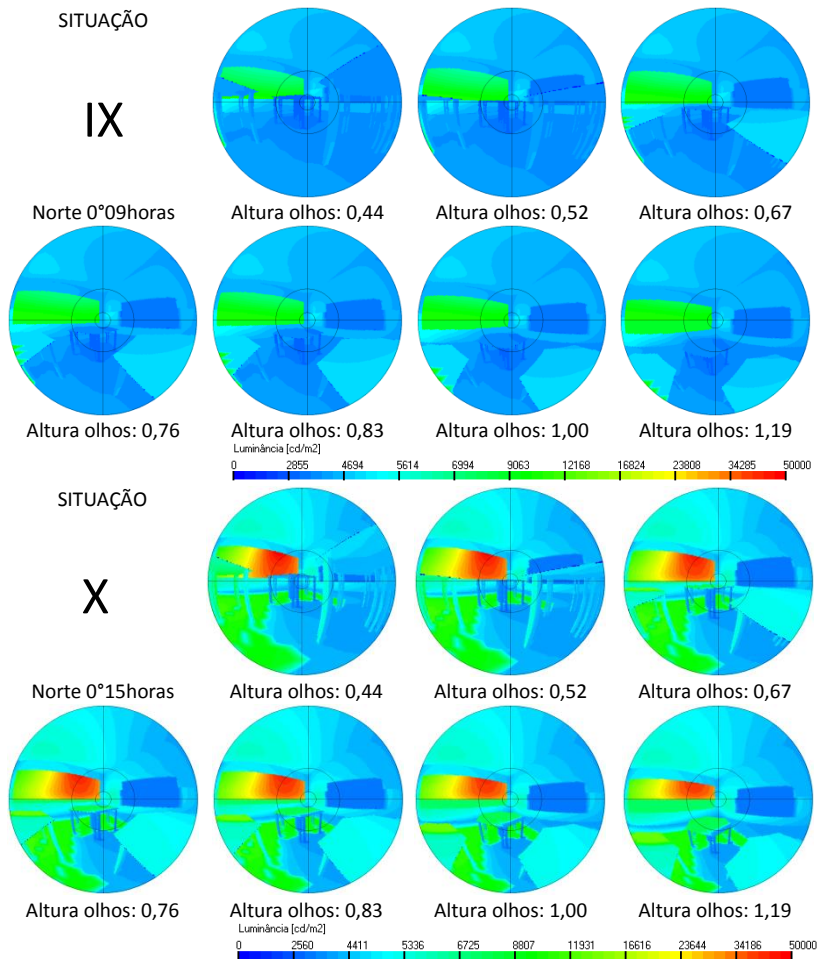


## 5. Modelo B: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no panorama



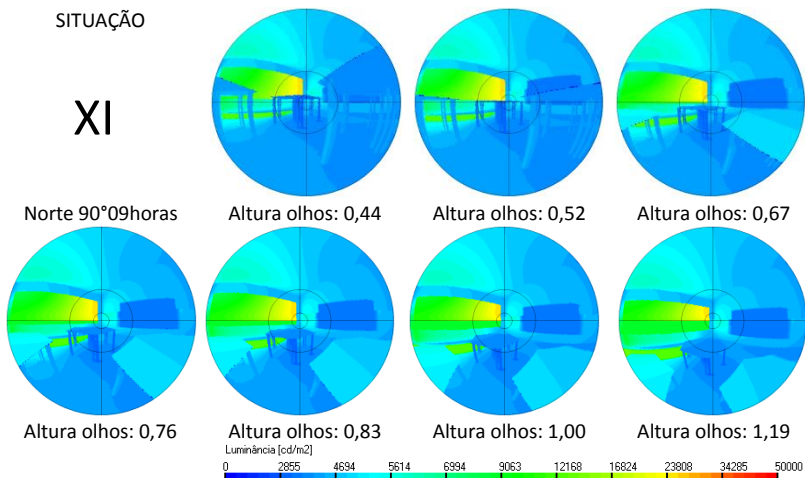


## 6. Modelo C: Imagens da distribuição das L no campo visual



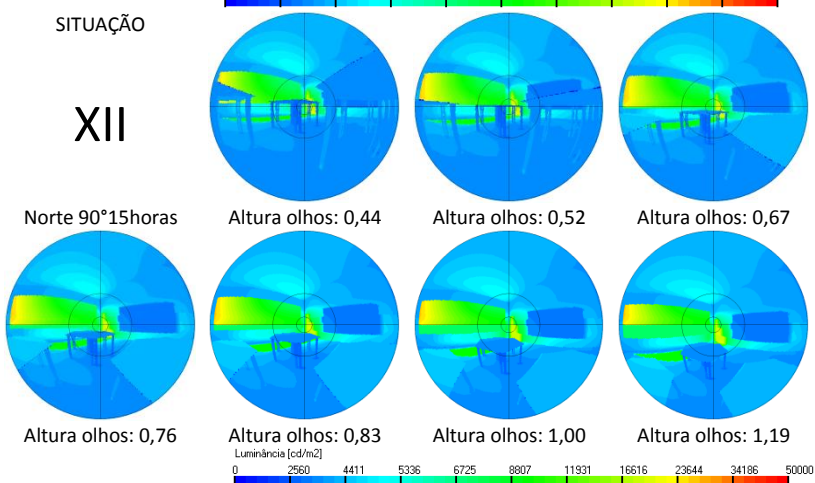
SITUAÇÃO

XI

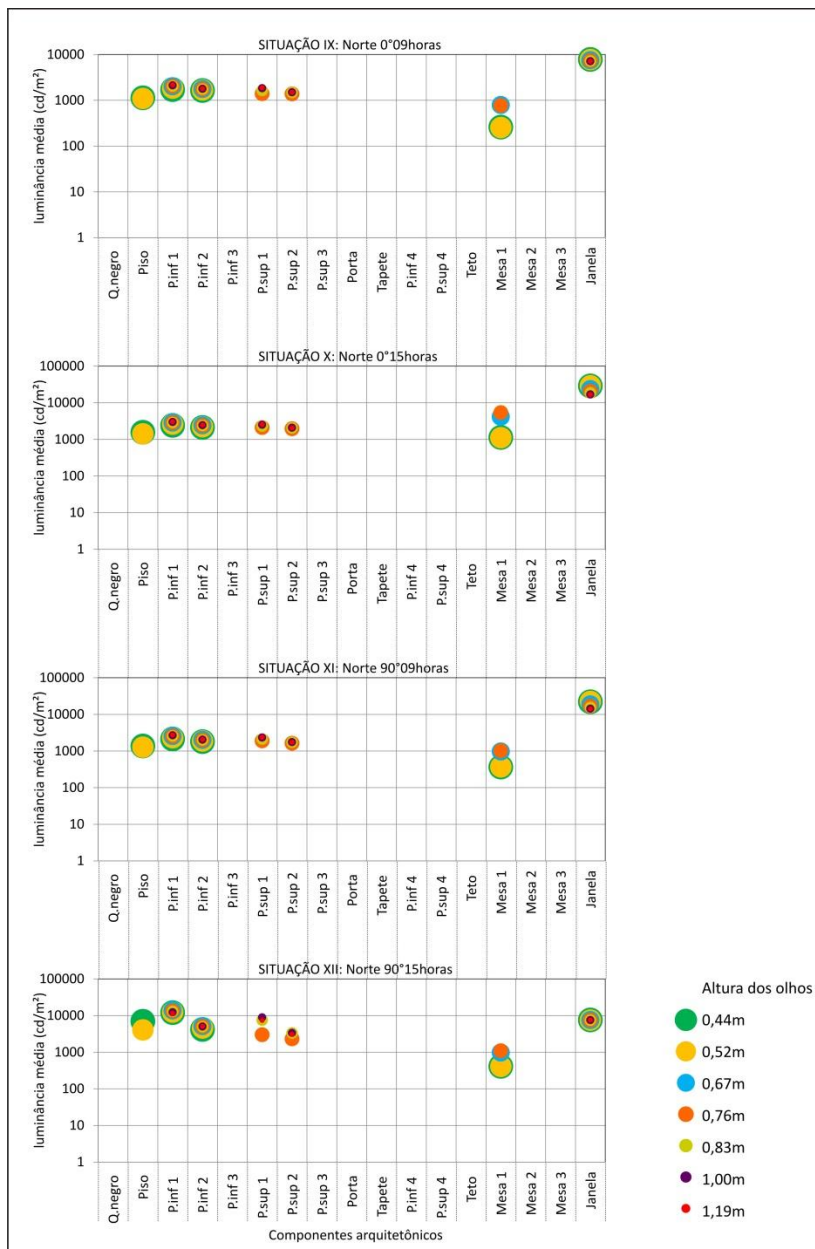


SITUAÇÃO

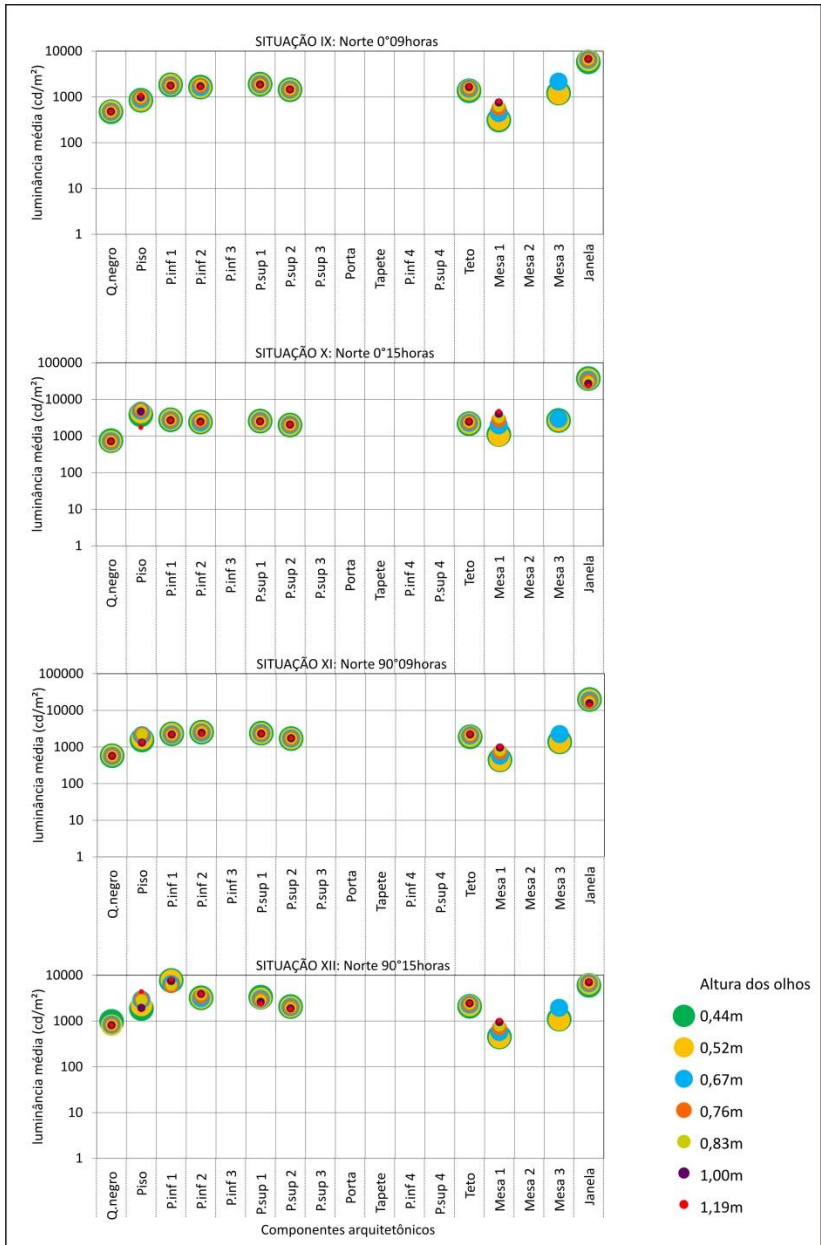
XII



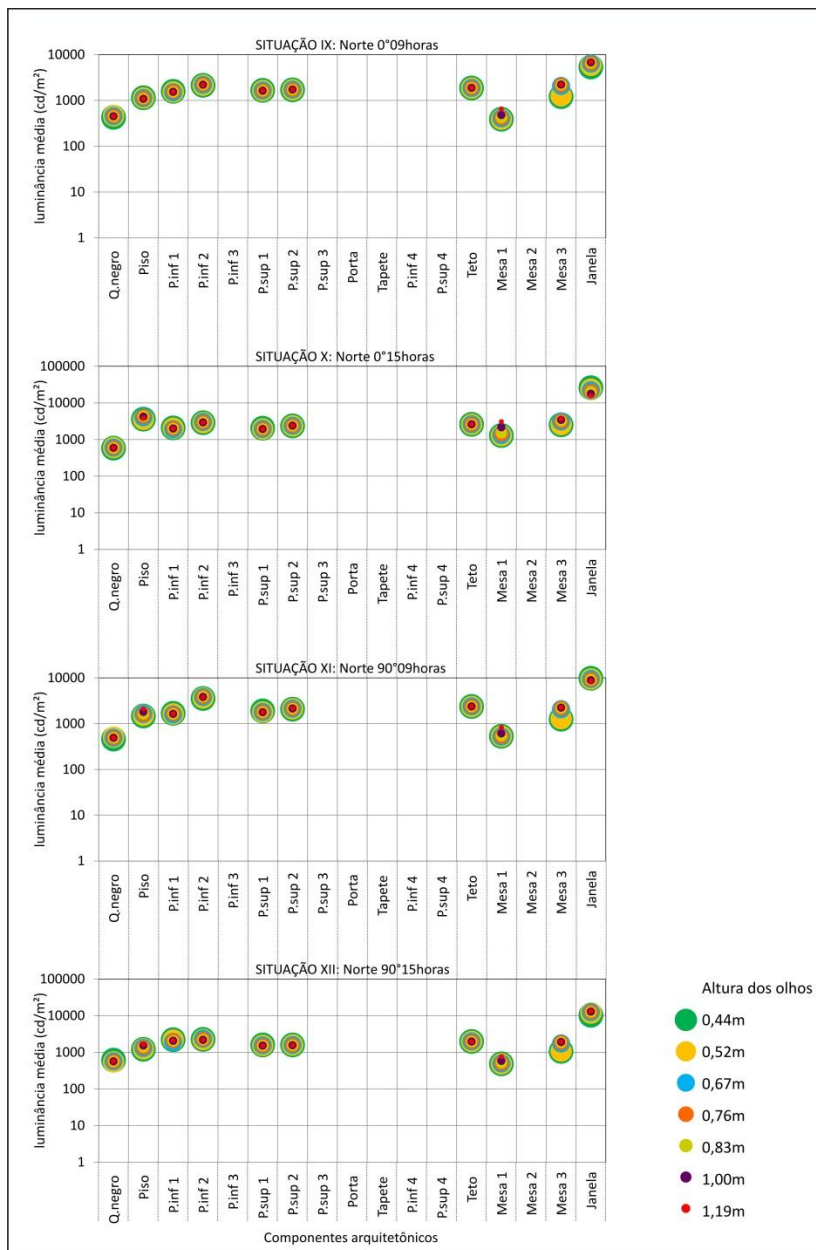
## 7. Modelo C: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes na visão central



## 8. Modelo C: Distribuição da $L_{m\u00e9dia}$ dos componentes no ergograma

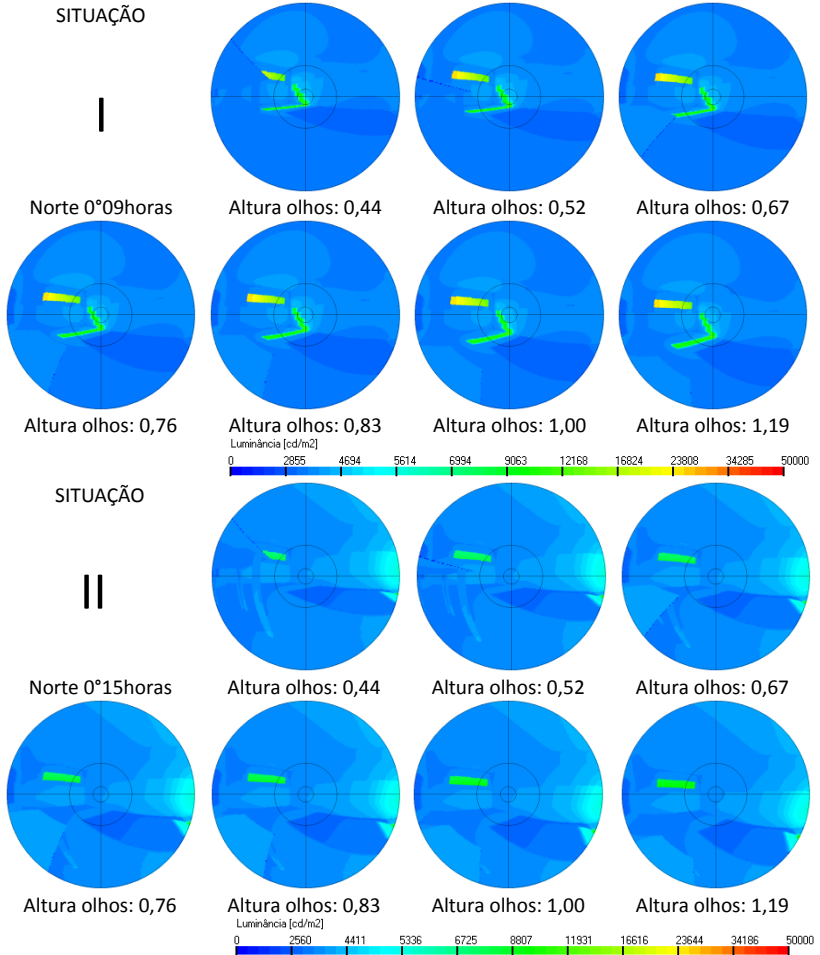


## 9. Modelo C: Distribuição da $L_{m\acute{e}dia}$ dos componentes no panorama



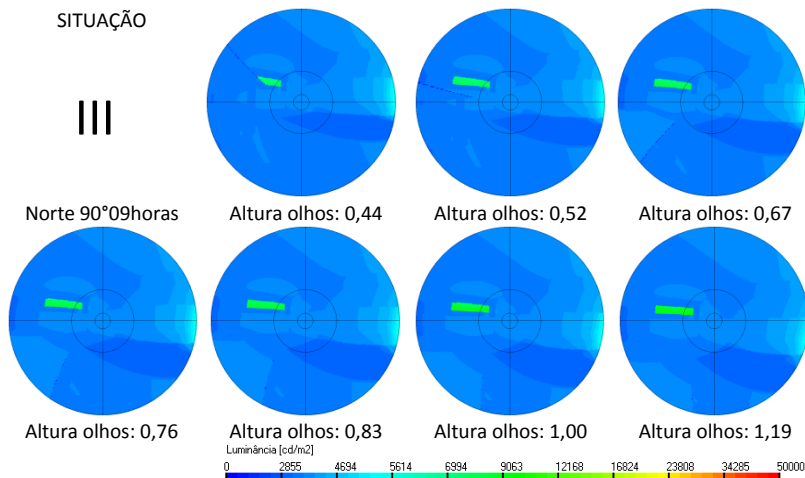
## APÊNDICE D- Distribuição das $L_{médias}$ Direção visão 2

### 1. Modelo A: Imagens da distribuição das L no campo visual



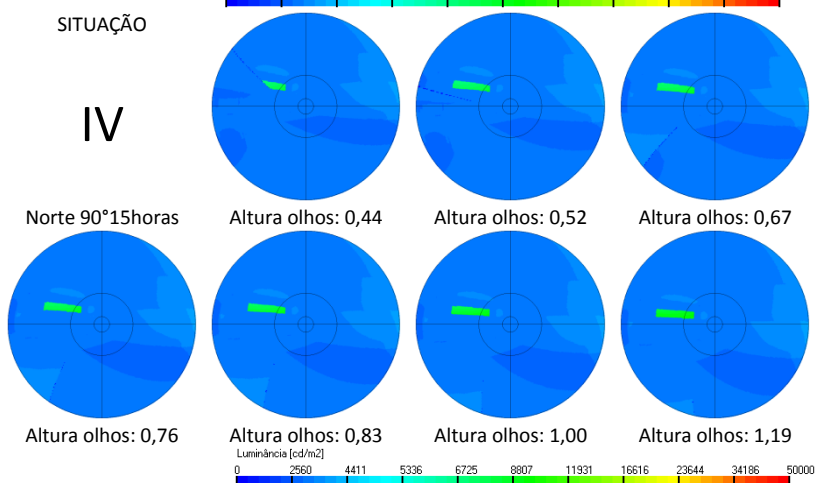
SITUAÇÃO

III

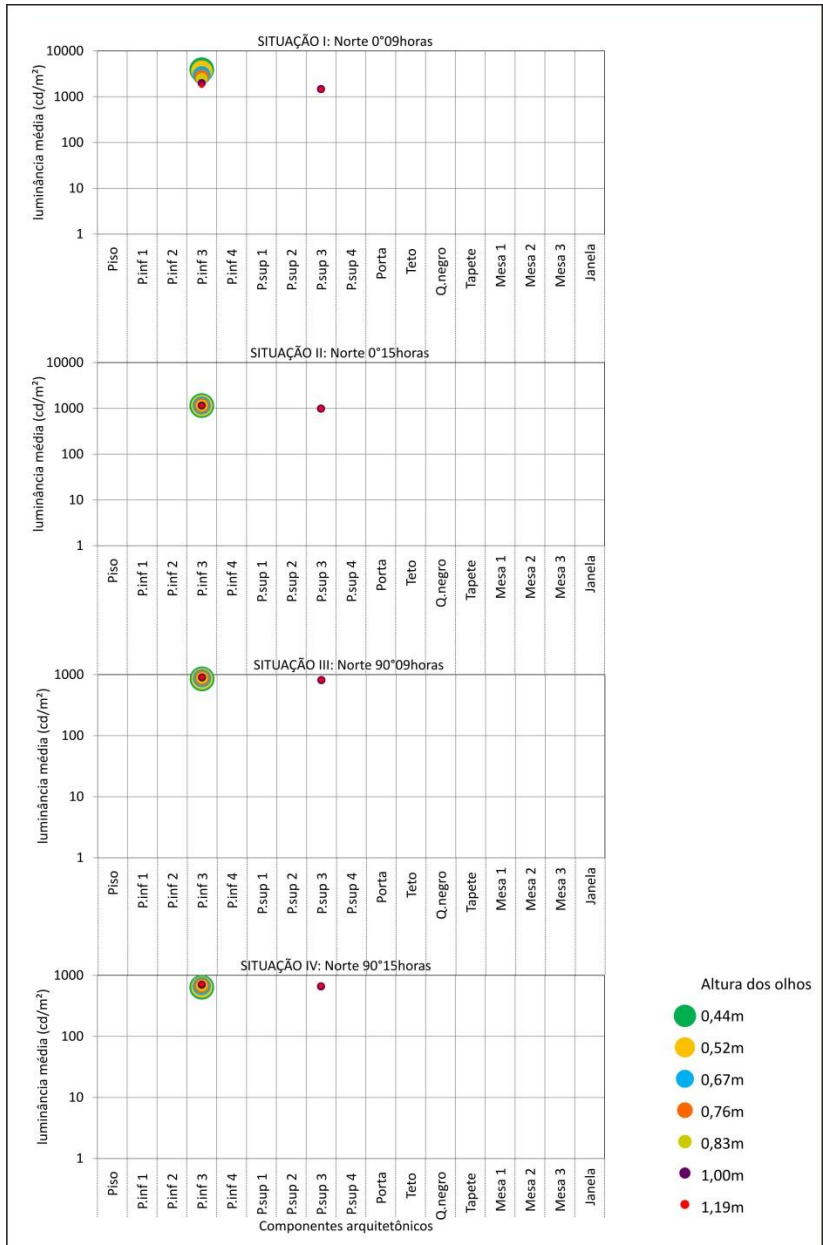


SITUAÇÃO

IV

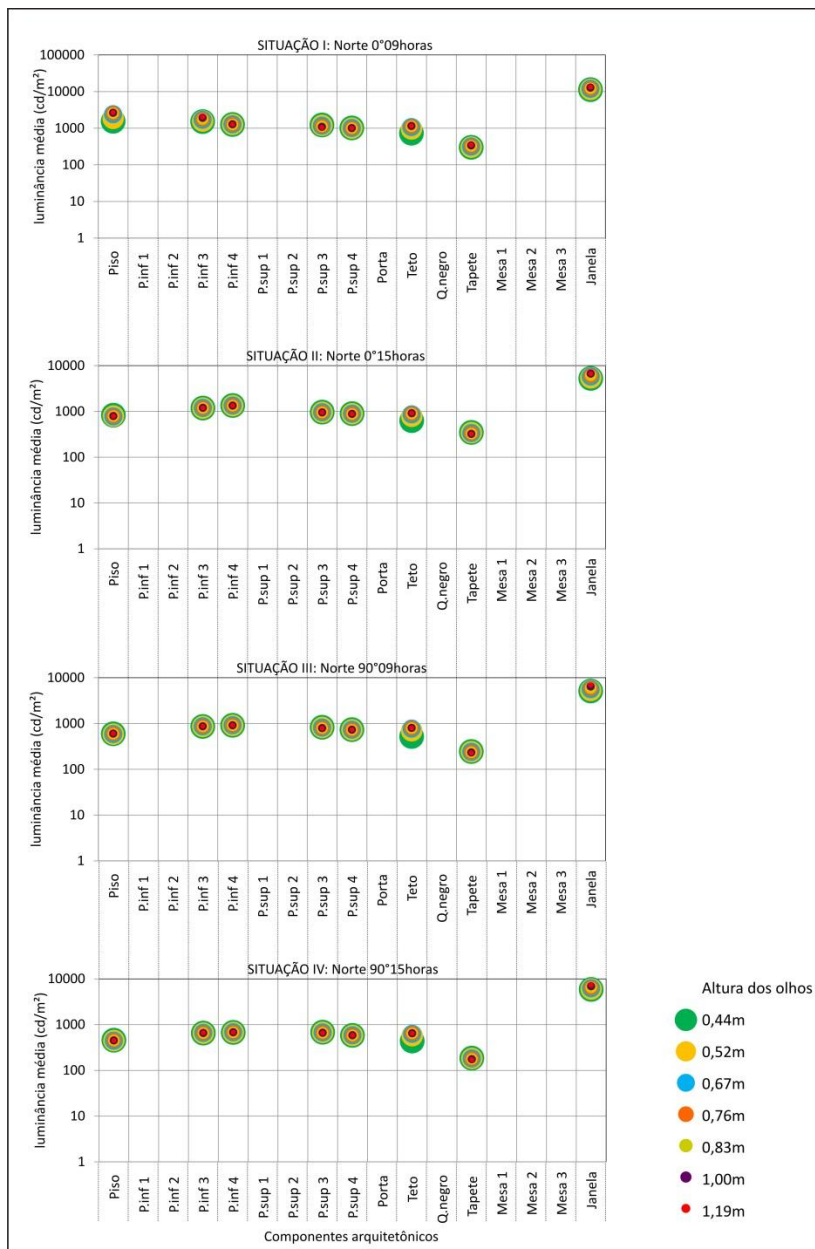


## 2. Modelo A: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes na visão central

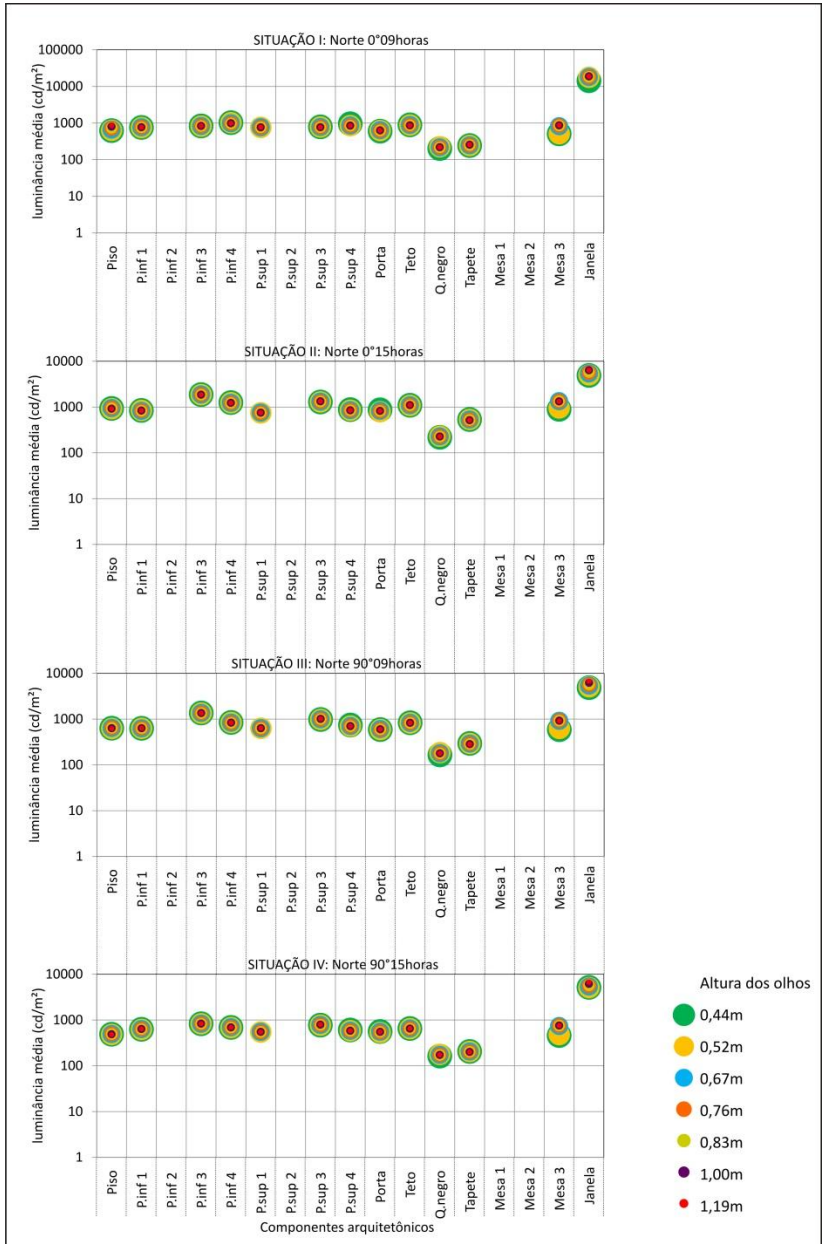




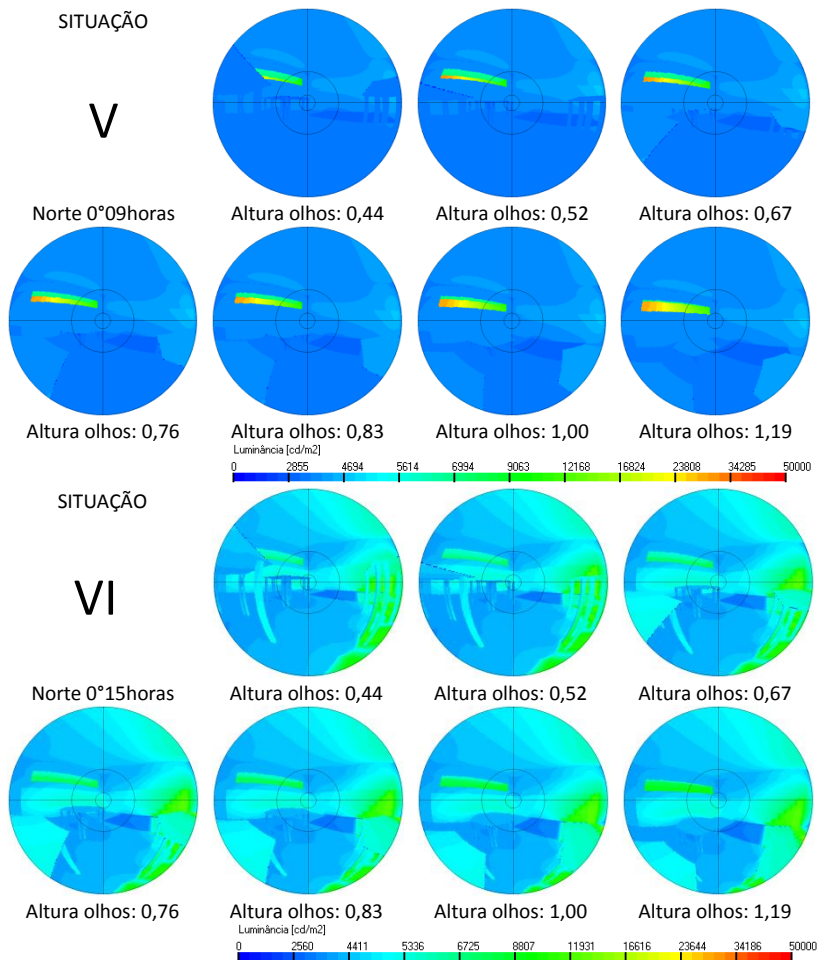
### 3. Modelo A: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no ergograma



#### 4. Modelo A: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no panorama

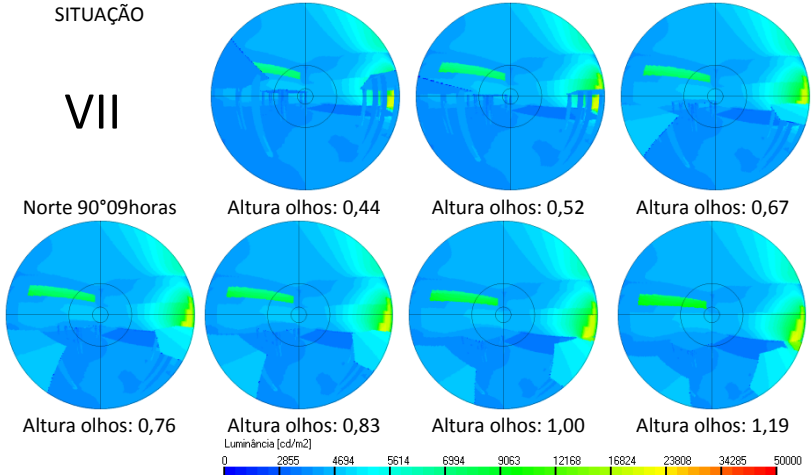


## 5. Modelo B: Imagens da distribuição das L no campo visual



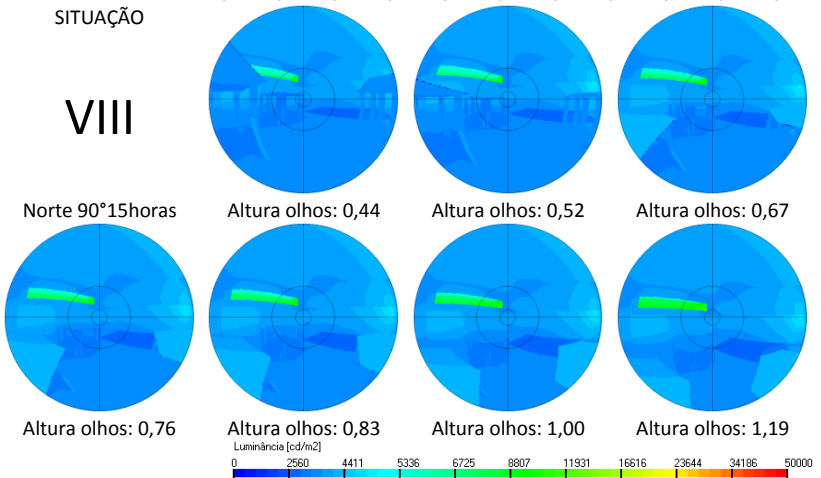
SITUAÇÃO

# VII

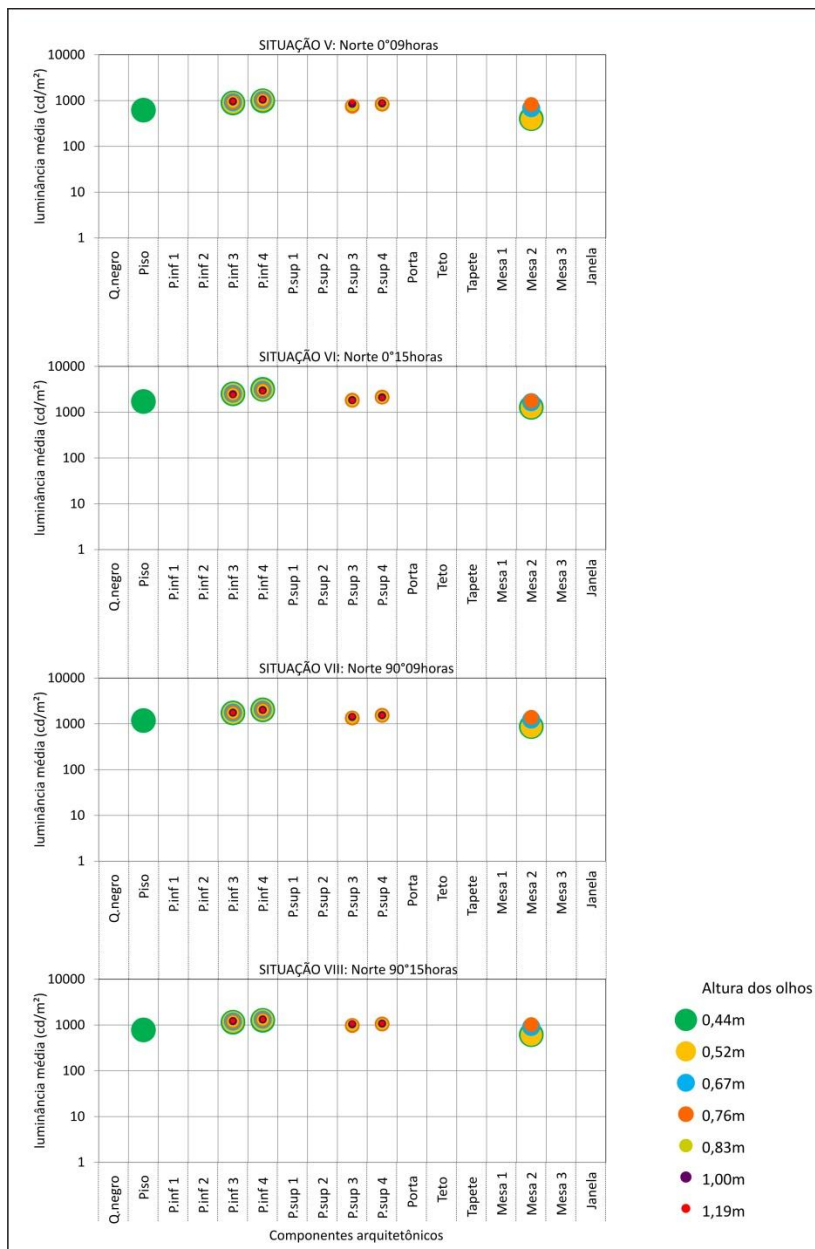


SITUAÇÃO

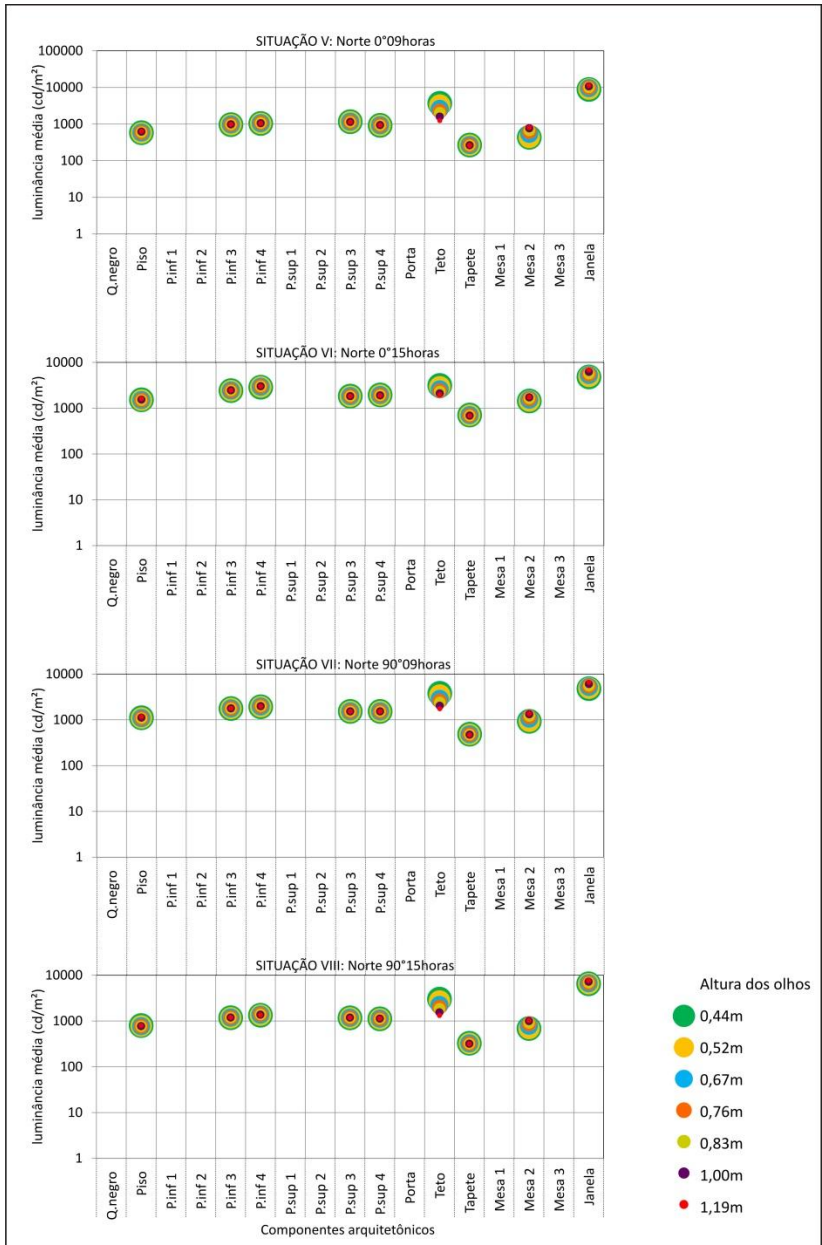
# VIII



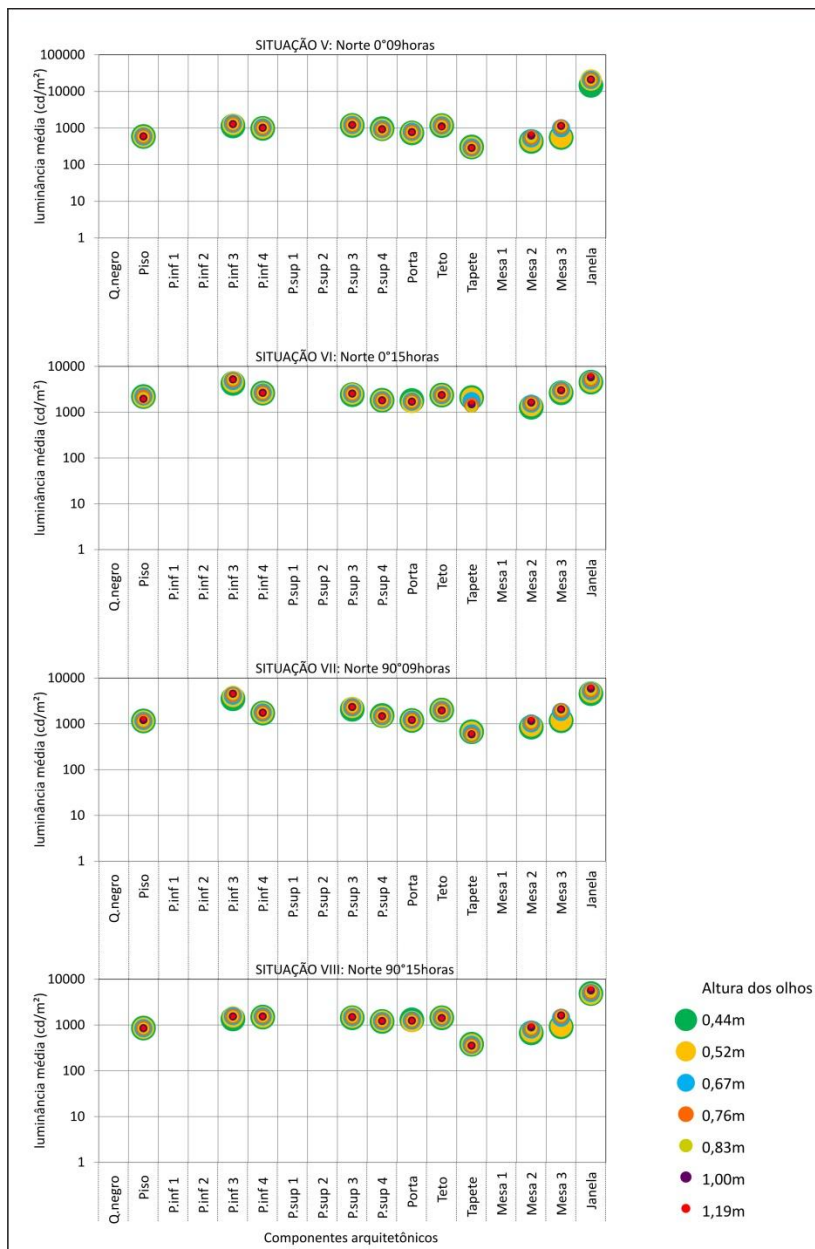
## 6. Modelo B: Distribuição da $L_{m\acute{e}dia}$ dos componentes na visão central



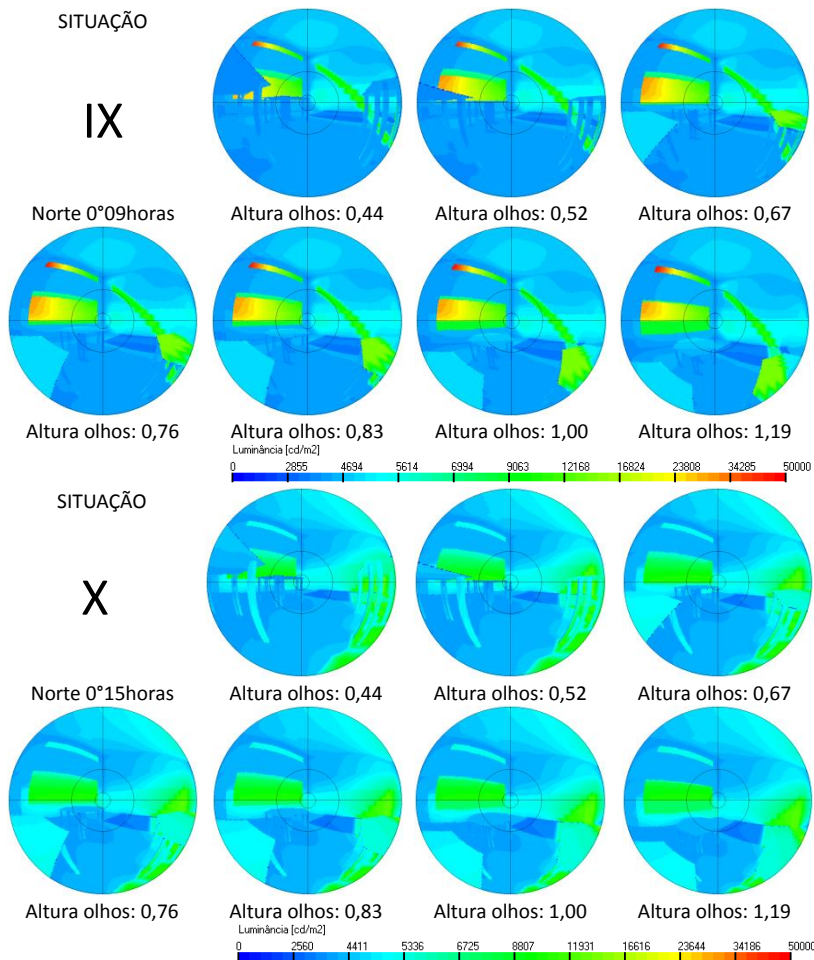
## 7. Modelo B: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no ergograma



## 8. Modelo B: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no panorama



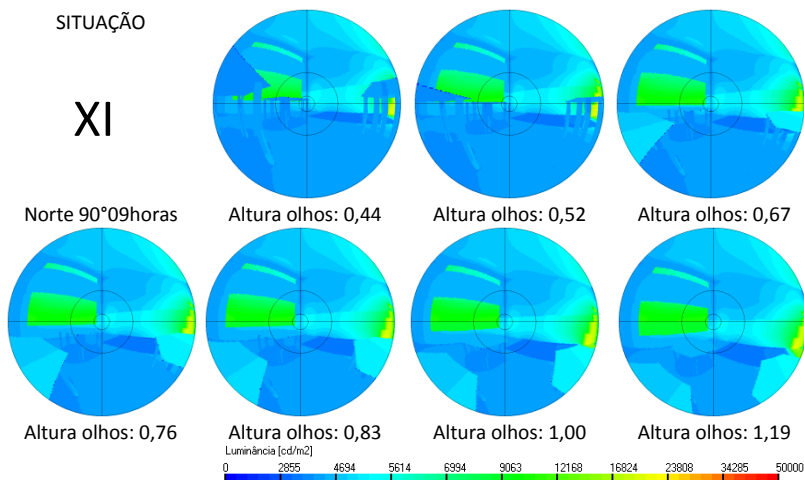
## 9. Modelo C: Imagens da distribuição das L no campo visual





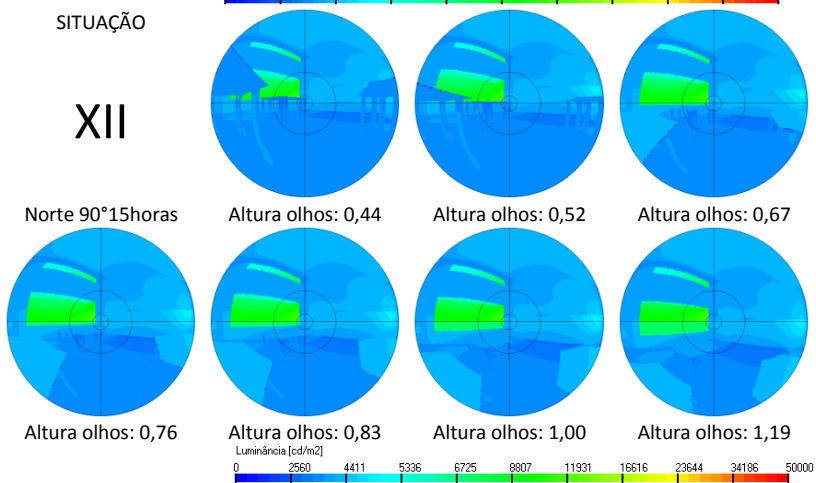
SITUAÇÃO

XI

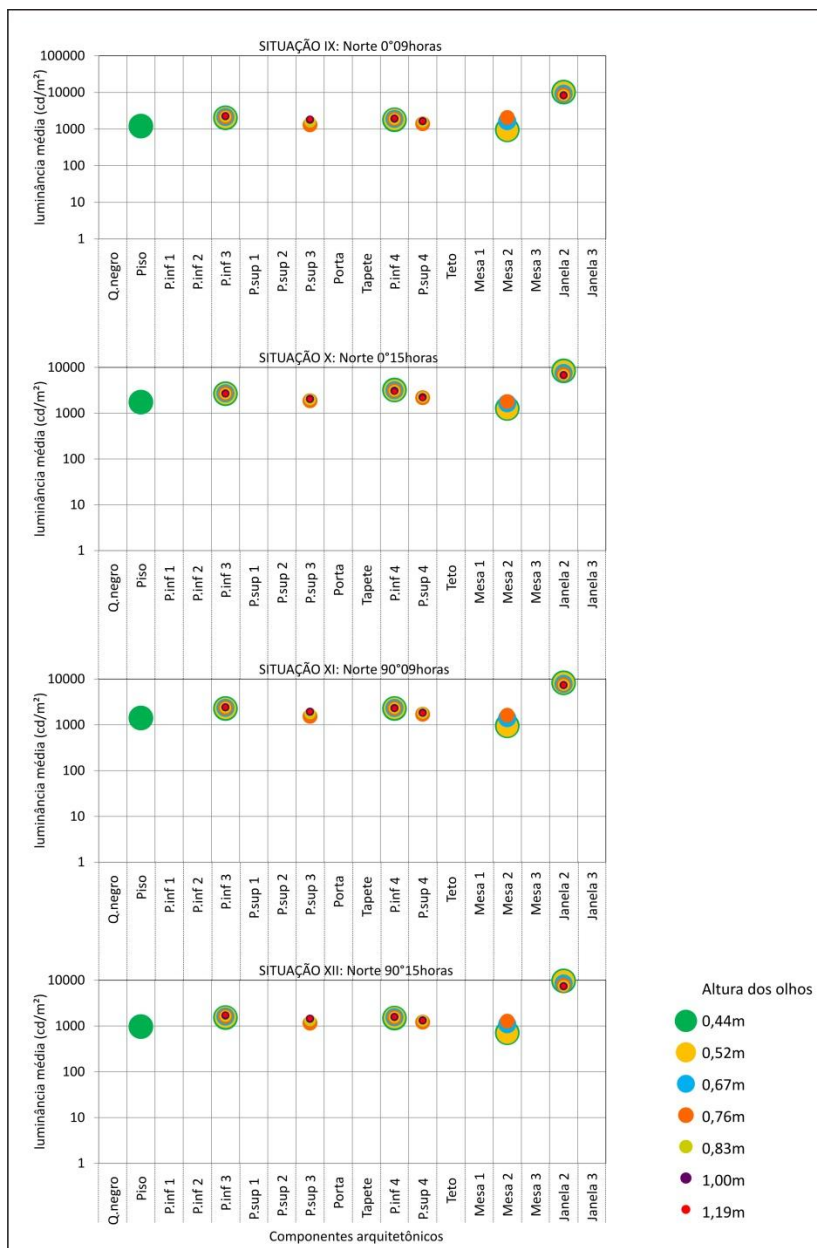


SITUAÇÃO

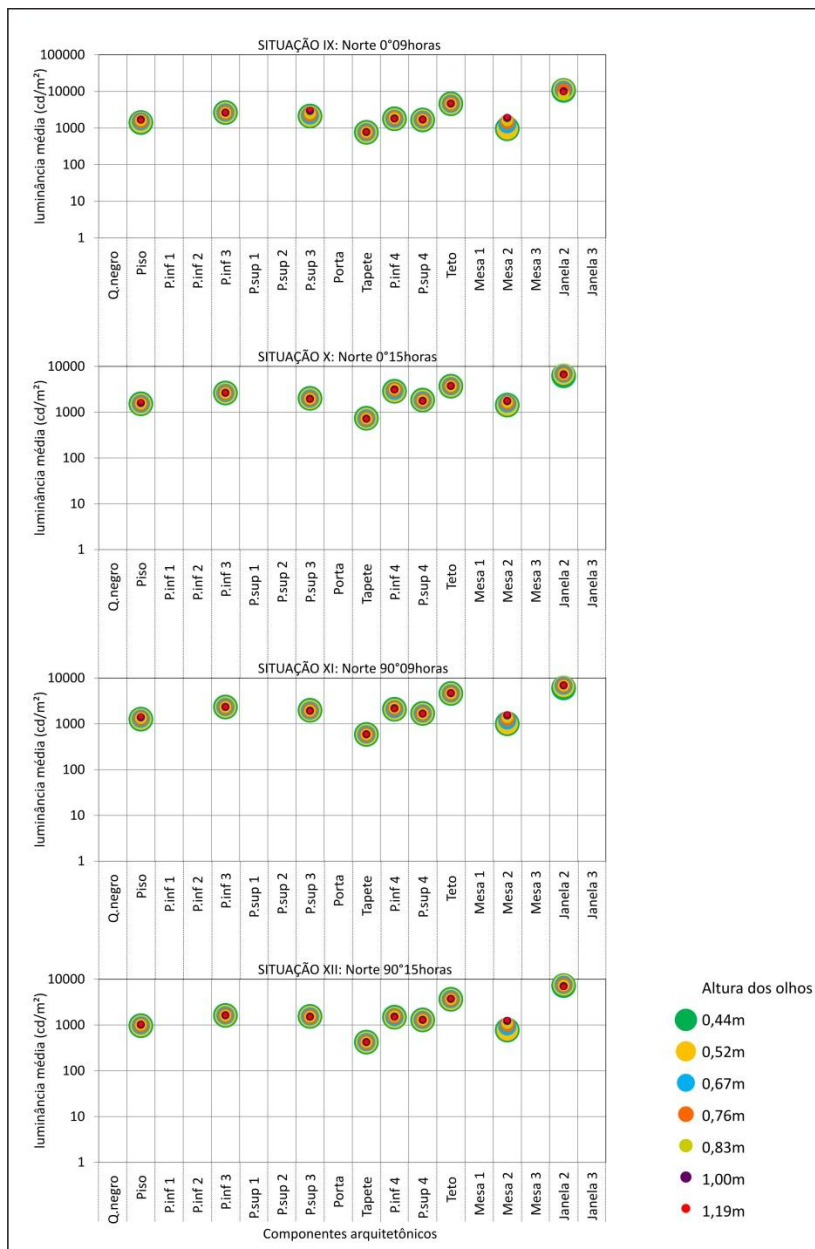
XII



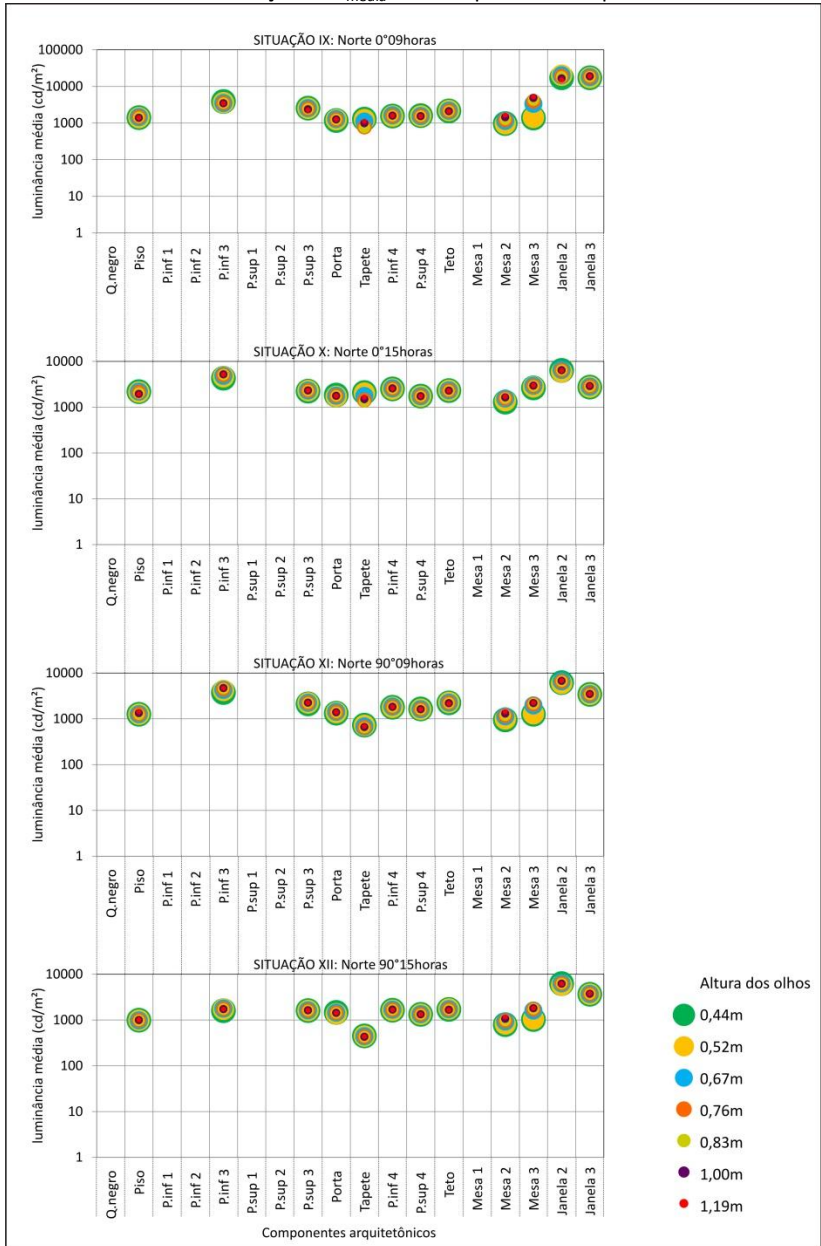
## 10. Modelo C: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes na visão central



### 11. Modelo C: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no ergograma



## 12. Modelo C: Distribuição da $L_{média}$ dos componentes no panorama

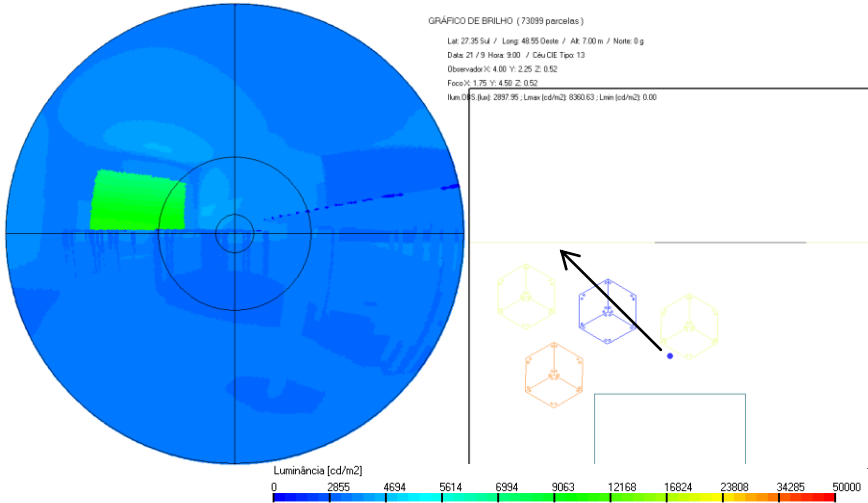


# APÊNDICE E – Fichas de caracterização do campo visual

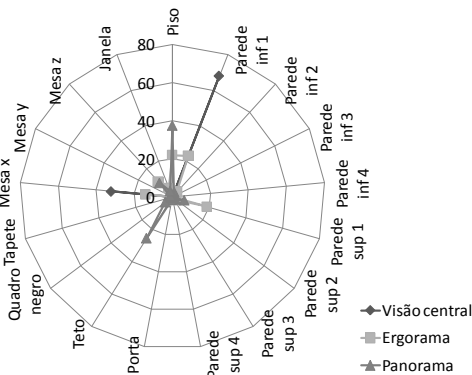
MODELO A Direção visão 1 I Norte 0° 09 horas

Altura olhos: 0,52

Ficha n° 01



## PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



L-medjanela v.cent: 0 cd/m<sup>2</sup>

L-medjanela ergo: 6685,14 cd/m<sup>2</sup>

L-medjanelapano: 6376,77 cd/m<sup>2</sup>

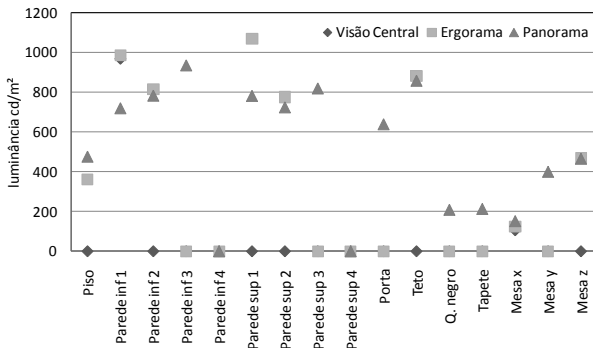
Lfonte: 6433,58 cd/m<sup>2</sup>

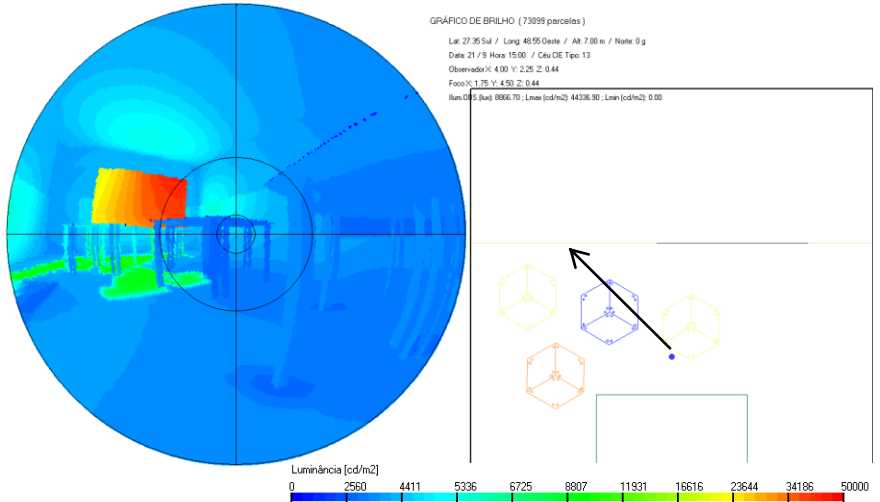
Lfundo: 617,3 cd/m<sup>2</sup>

**DGI 22,76**

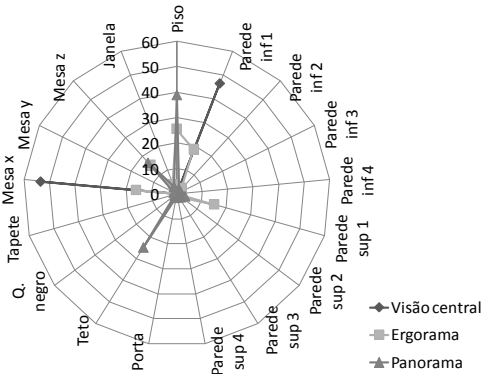
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
<b>Desconfortável</b>	<b>2</b>	<b>24-26</b>
Intolerável	3	28
Percentil	Idade	
P95	4 e 5	
P5	6	

## LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





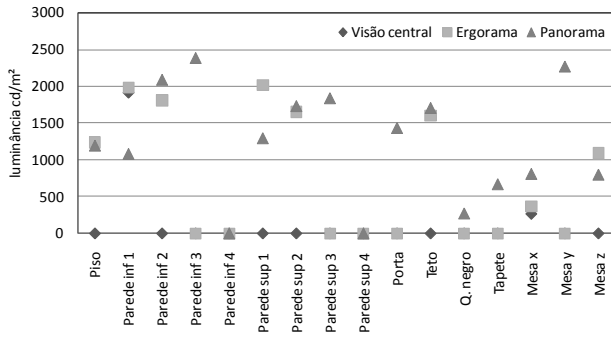
PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL

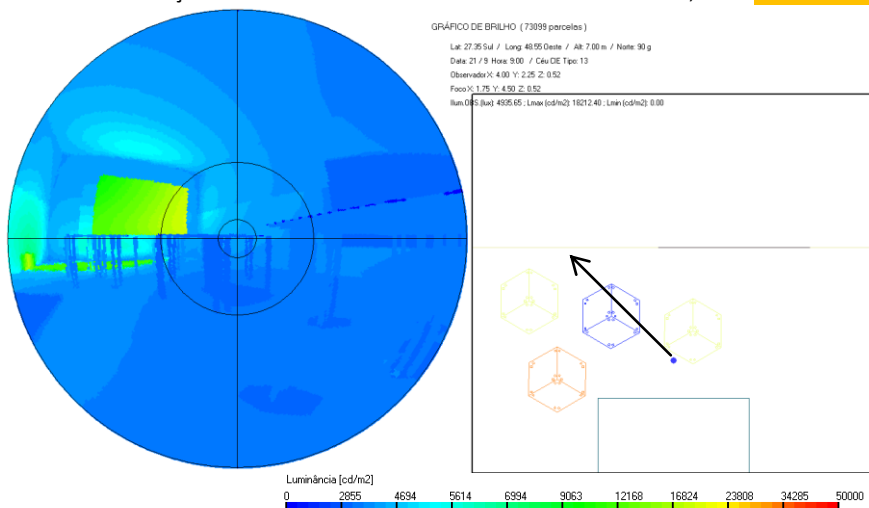


medjanela v.cent: 0 cd/m<sup>2</sup>  
 medjanela ergo: 38954,62 cd/m<sup>2</sup>  
 medjanelapano: 30345,16 cd/m<sup>2</sup>  
 Ljanela: 31664,74 cd/m<sup>2</sup>  
 Lfundo: 1319,16 cd/m<sup>2</sup>  
**DGI 29,31**

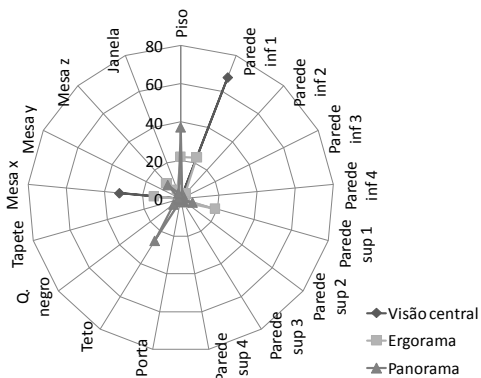
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
<b>Intolerável</b>	<b>3</b>	<b>28</b>
Percentil		Idade
P5		4 e 5
P50		5

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



$L_{medjanela\ v.cent:} 0\ cd/m^2$   
 $L_{medjanela\ ergo:} 16457,33\ cd/m^2$   
 $L_{medjanelapano:} 11467,23\ cd/m^2$

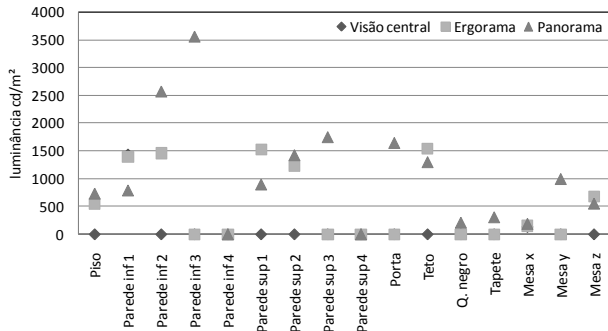
Lfonte: 12386,62 cd/m<sup>2</sup>

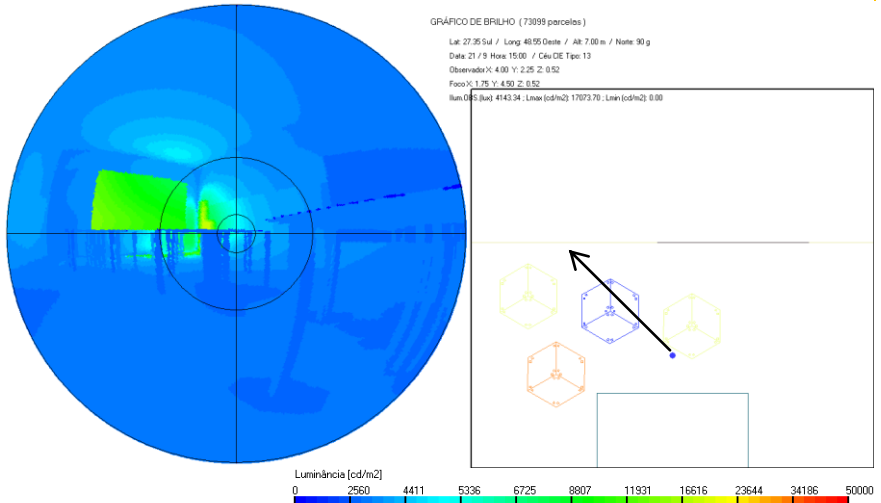
Lfundo: 967,61 cd/m<sup>2</sup>

DGI **25,13**

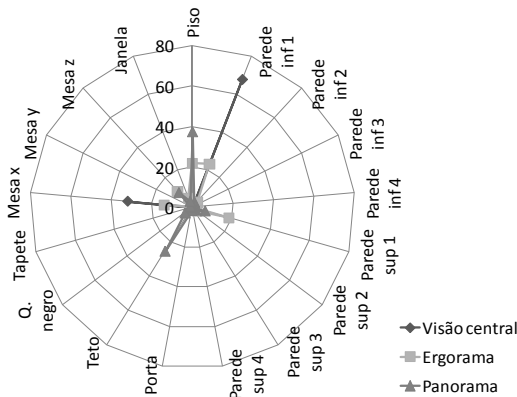
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Límite C-D	1,5	22
<b>Desconfortável</b>	<b>2</b>	<b>24-26</b>
Intolerável	3	28
Percentil		Idade
P95		4 e 5
P5		6

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





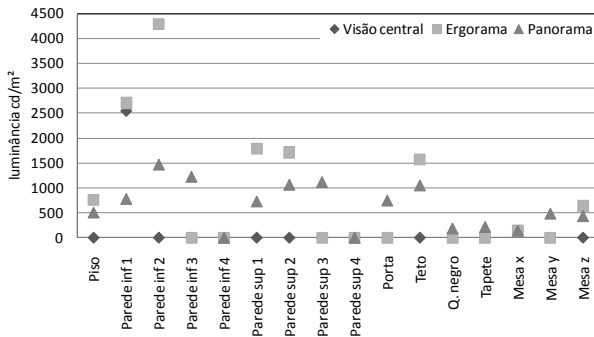
PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



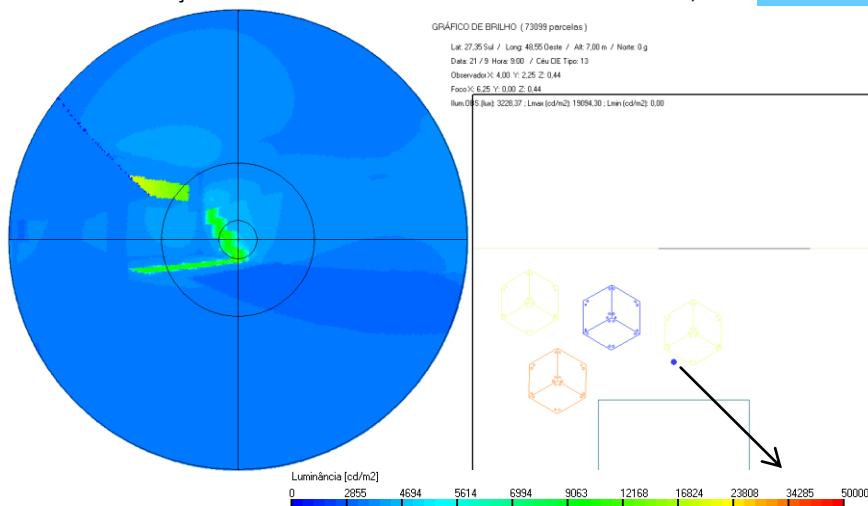
$L_{medjanela\ v.cent}$	: 0 cd/m <sup>2</sup>
$L_{medjanela\ ergo}$	: 7252,52 cd/m <sup>2</sup>
$L_{medjanelapano}$	: 8895,74 cd/m <sup>2</sup>
Lfonte	: 8592,99 cd/m <sup>2</sup>
Lfundo	: 803,57 cd/m <sup>2</sup>
<b>DGI 23,60</b>	

Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
<b>Limite C-D</b>	<b>1,5</b>	<b>22</b>
<b>Desconfortável</b>	<b>2</b>	<b>24-26</b>
Intolerável	3	28
Percentil		Idade
P95		4 e 5
P5		6

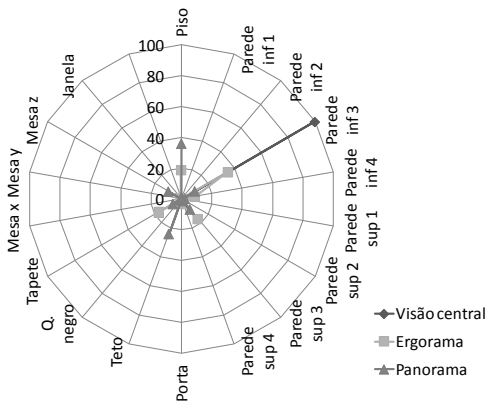
LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL







PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



Lmedjanela v.cent: 0 cd/m<sup>2</sup>

Lmedjanela ergo: 11291,21 cd/m<sup>2</sup>

Lmedjanelapano: 14224,5 cd/m<sup>2</sup>

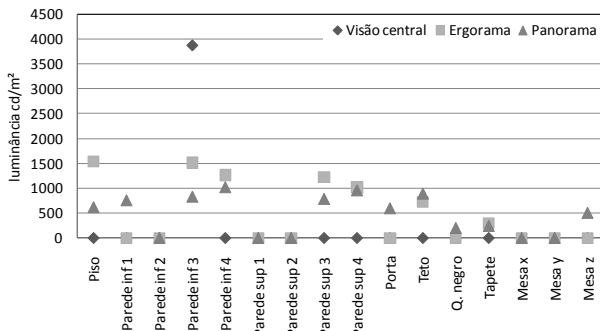
Lfonte: 13649,15 cd/m<sup>2</sup>

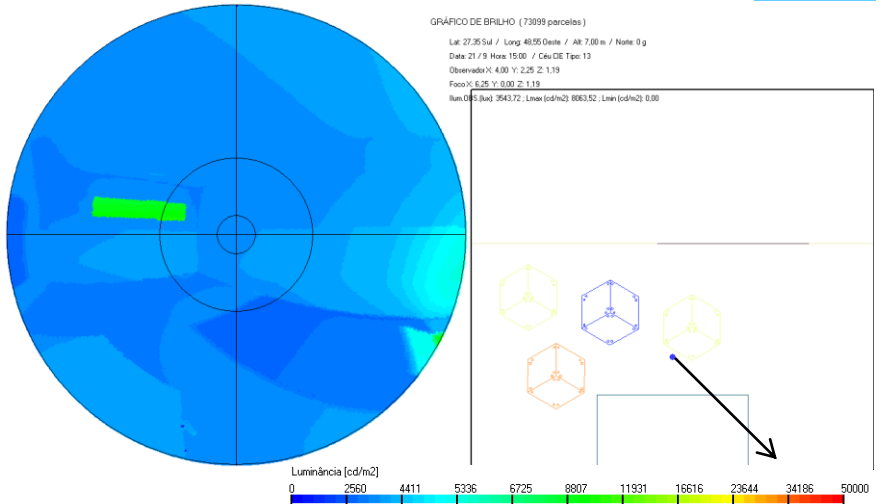
Lfundo: 792,35 cd/m<sup>2</sup>

**DGI 22,80**

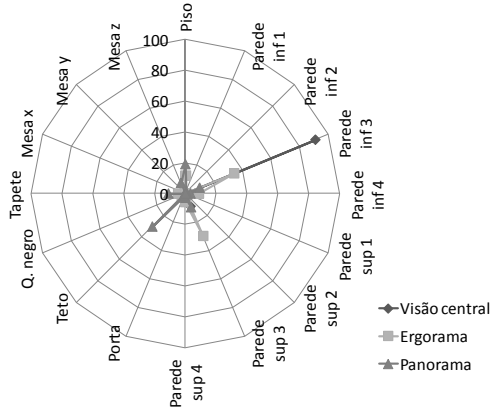
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Límite C-D	1,5	22
<b>Desconfortável</b>	2	24-26
<b>Intolerável</b>	3	28
Percentil	Idade	
P5	4 e 5	
P50	5	

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



$L_{medjanela\ v.cent.}$ : 0 cd/m<sup>2</sup>  
 $L_{medjanela\ ergo}$ : 6684,85 cd/m<sup>2</sup>  
 $L_{medjanela\ plano}$ : 6357,14 cd/m<sup>2</sup>

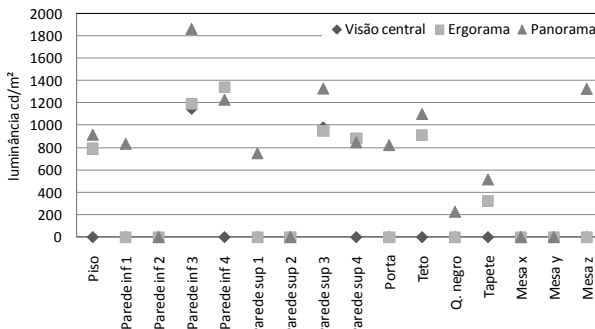
Lfonte: 6420,95 cd/m<sup>2</sup>

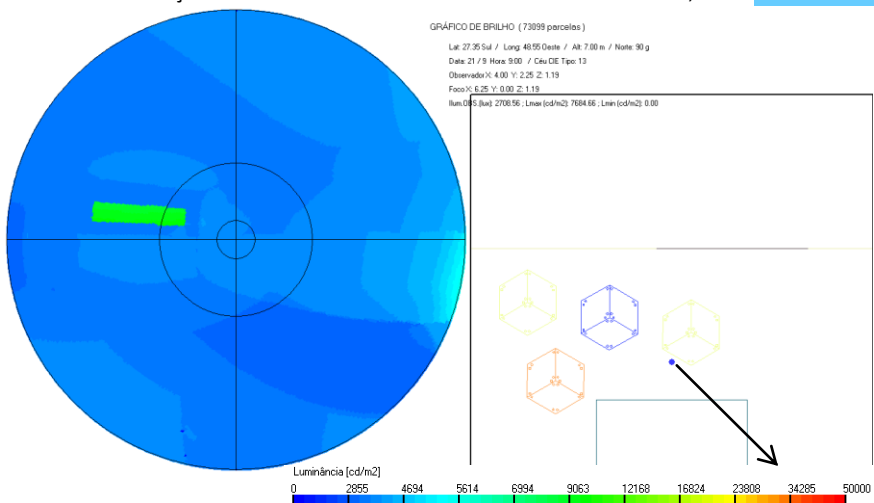
Lfundo: 1085,43 cd/m<sup>2</sup>

**DGI 17,32**

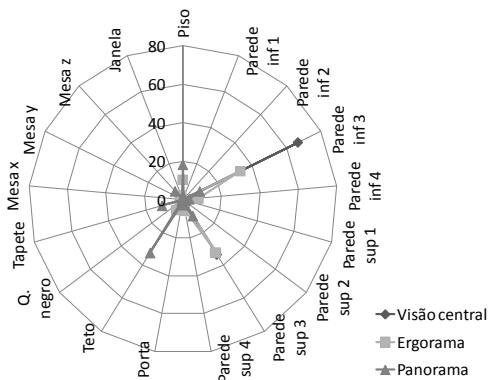
Esc. valor	GSV	DGI
<b>Imperceptível</b>	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
Intolerável	3	28
Percentil		Idade
P95		5 e 6

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



$L_{medjanela\ v.cent.}$ : 0  $cd/m^2$   
 $L_{medjanela\ ergo.}$ : 6974,87  $cd/m^2$   
 $L_{medjanelapano.}$ : 6741,8  $cd/m^2$

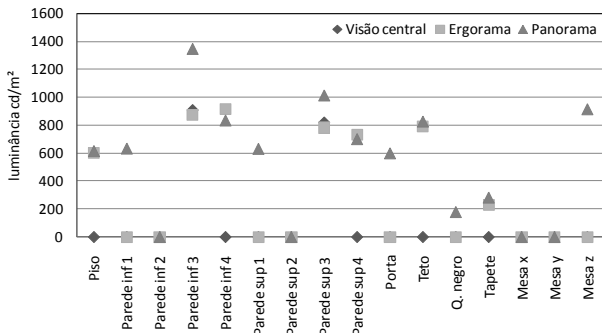
$L_{fonte}$ : 6794,75  $cd/m^2$

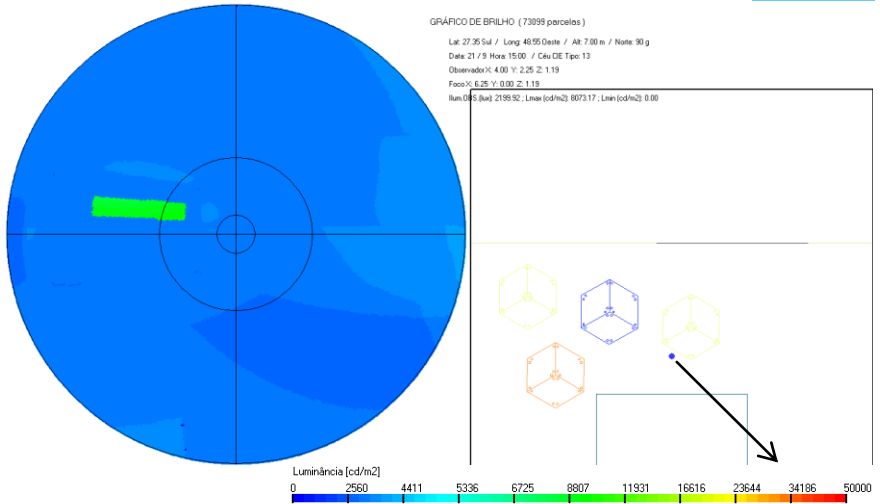
$L_{fundo}$ : 786,79  $cd/m^2$

**DGI 18,93**

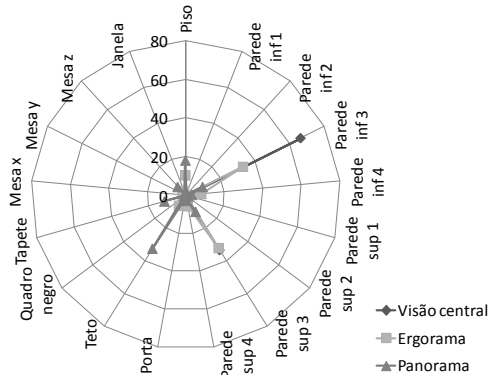
Esc. valor	GSV	DGI
<b>Imperceptível</b>	0	16-18
<b>Aceitável</b>	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
Intolerável	3	28
Percentil		Idade
P95		5 e 6

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



L<sub>medjanela v.cent.</sub>: 0 cd/m<sup>2</sup>  
 L<sub>medjanela ergo.</sub>: 7327,16 cd/m<sup>2</sup>  
 L<sub>medjanelapano.</sub>: 6636,12 cd/m<sup>2</sup>

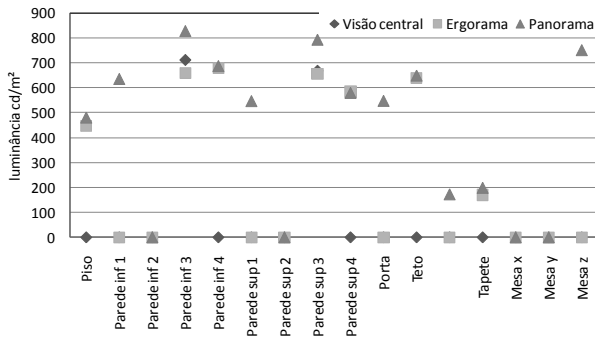
L<sub>fonte</sub>: 6793,13 cd/m<sup>2</sup>

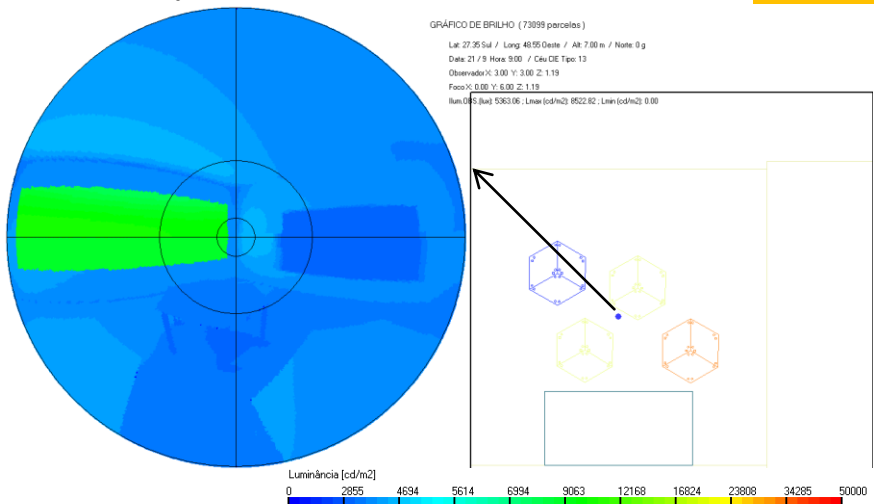
L<sub>fundo</sub>: 602,93 cd/m<sup>2</sup>

**DGI 19,91**

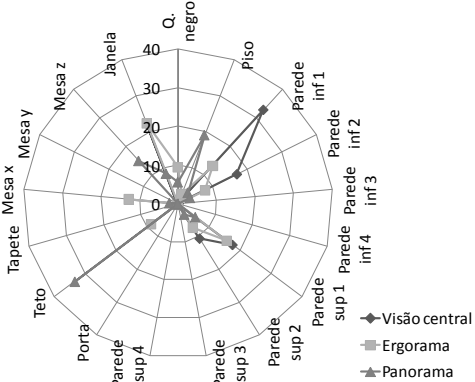
Esc. valor	GSV	DGI
<b>Imperceptível</b>	0	16-18
<b>Aceitável</b>	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
Intolerável	3	28
Percentil		Idade
P95		5 e 6

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





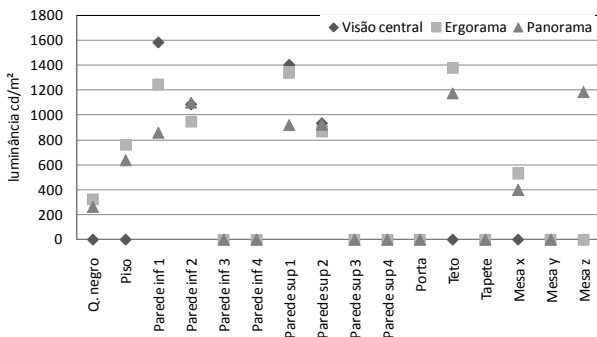
PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL

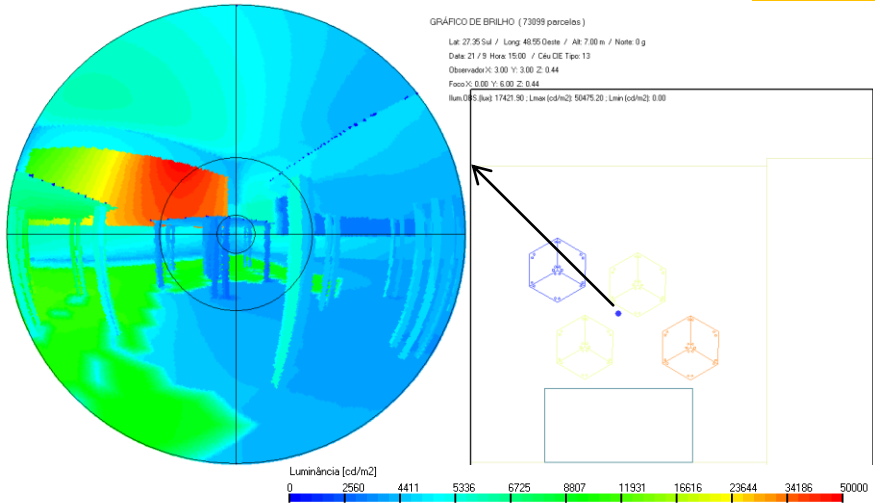


$L_{medjanela\ v.cent}: 7117,14\ cd/m^2$   
 $L_{medjanela\ ergo}: 6800,38\ cd/m^2$   
 $L_{medjanelapano}: 6892,78\ cd/m^2$   
 $L_{fonte}: 6871,63\ cd/m^2$   
 $L_{fundo}: 951,67\ cd/m^2$

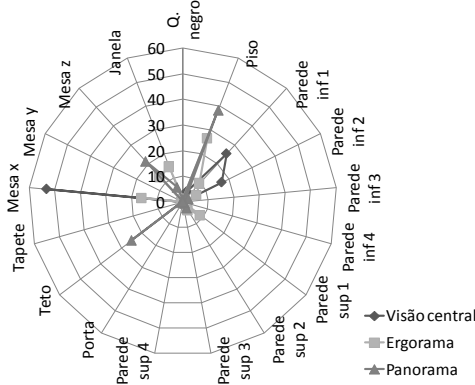
<b>DGI 25,50</b>		
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
<b>Desconfortável</b>	<b>2</b>	<b>24-26</b>
Intolerável	3	28
Percentil	Idade	
P95	5 e 6	

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





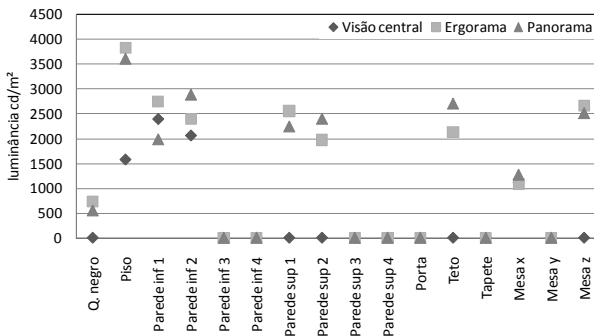
PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL

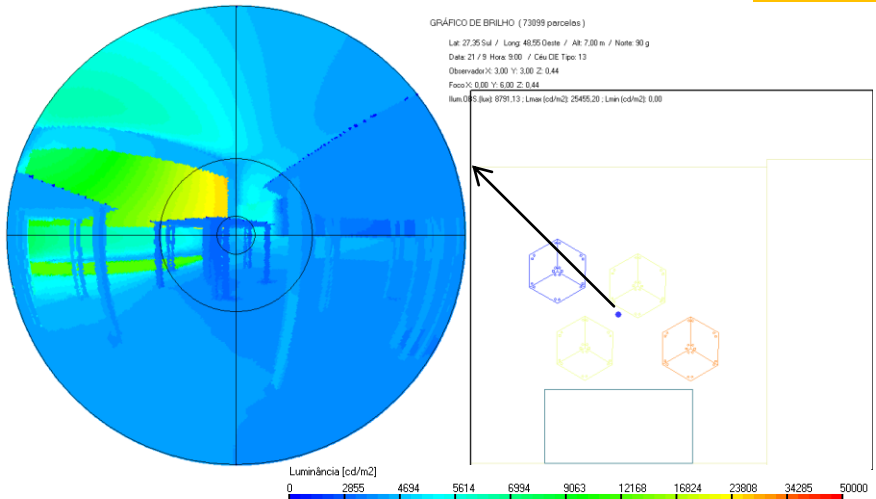


L <sub>medjanela v.cent.</sub>	28838,46 cd/m <sup>2</sup>
L <sub>medjanela ergo.</sub>	37039,4 cd/m <sup>2</sup>
L <sub>medjanelapano.</sub>	25907,34 cd/m <sup>2</sup>
L <sub>fonte</sub>	28782,78 cd/m <sup>2</sup>
L <sub>fundo</sub>	2934,12 cd/m <sup>2</sup>
<b>DGI</b>	<b>29,81</b>

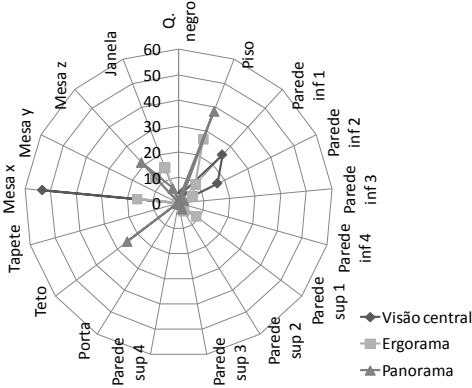
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
<b>Intolerável</b>	<b>3</b>	<b>28</b>
Percentil		Idade
P5		4 e 5
P50		5

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



$L_{medjanela\ v.cent}: 22003,2\text{cd/m}^2$

$L_{medjanela\ ergo}: 19740,34\text{cd/m}^2$

$L_{medjanelapano}: 9782,98\text{cd/m}^2$

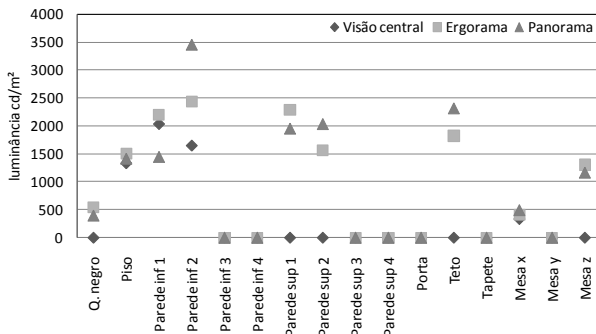
Lfonte: 12356,84 cd/m<sup>2</sup>

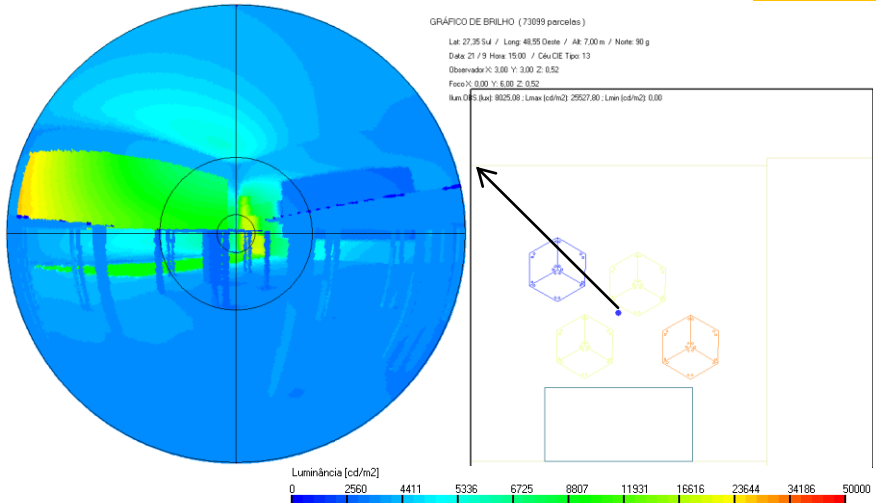
Lfundo: 1638,48 cd/m<sup>2</sup>

DGI **26,83**

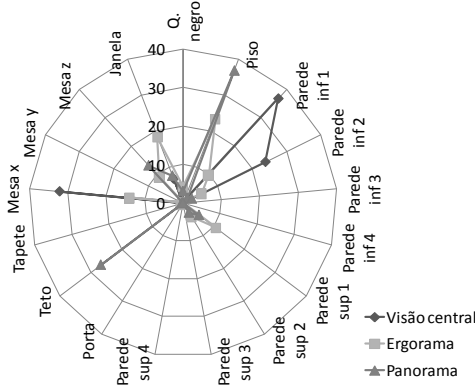
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
<b>Intolerável</b>	<b>3</b>	<b>28</b>
Percentil		Idade
P5		4 e 5
P50		5

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL

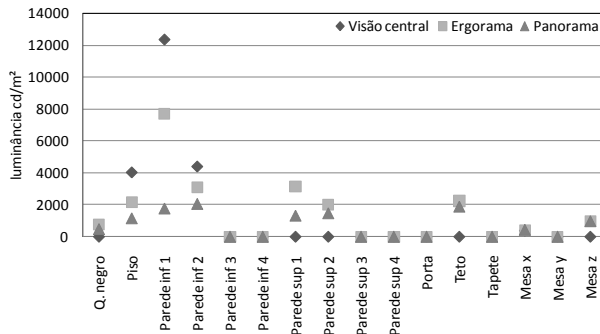


$L_{medjanela\ v.cent.} = 7502,37\text{cd/m}^2$   
 $L_{medjanela\ ergo.} = 6459,76\text{cd/m}^2$   
 $L_{medjanelapano.} = 11815,45\text{cd/m}^2$   
 $L_{fonte} = 10407,48\text{cd/m}^2$   
 $L_{fundo} = 1555,31\text{cd/m}^2$

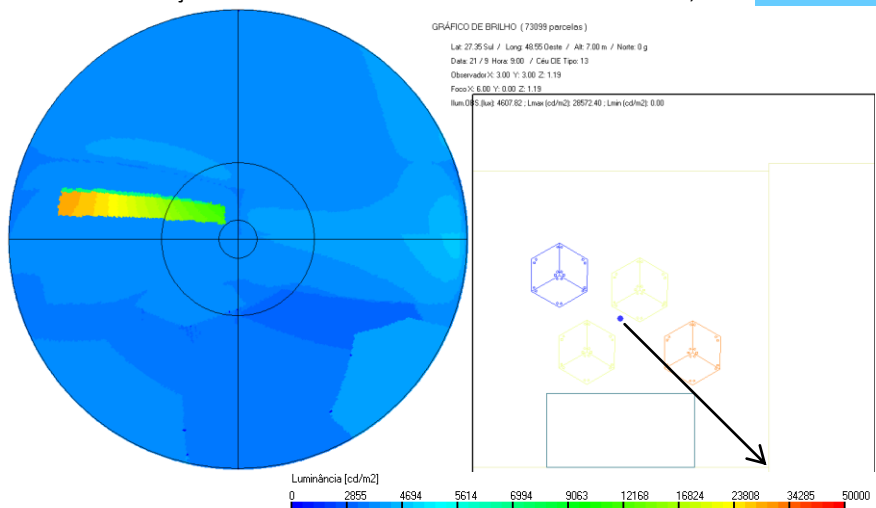
**DGI 26,07**

Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
<b>Intolerável</b>	<b>3</b>	<b>28</b>
Percentil		Idade
P95		4 e 5
P5		6

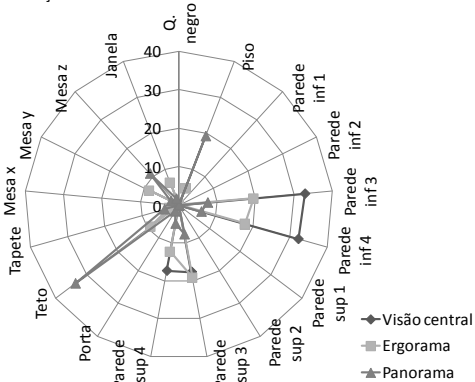
LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL







PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL

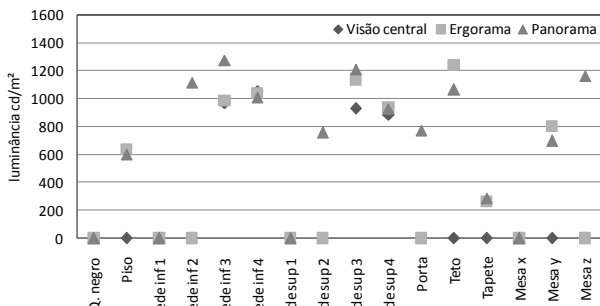


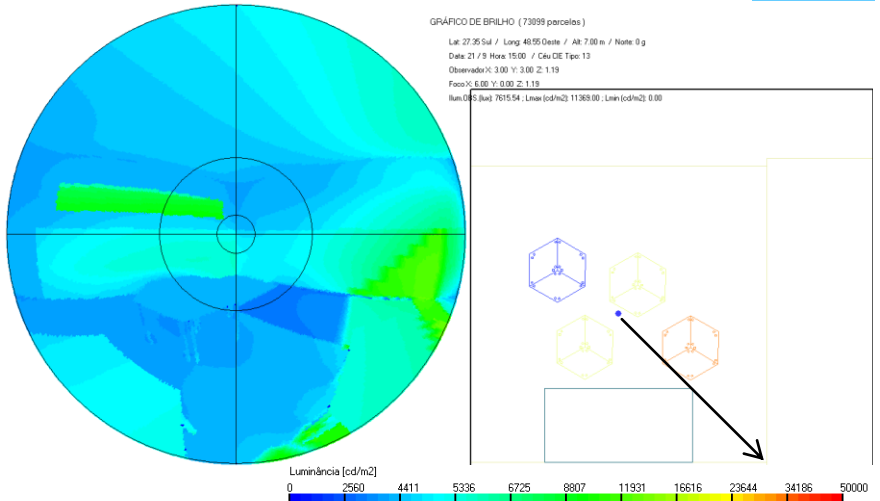
$L_{medjanela\ v.cent}$ : 0  $cd/m^2$   
 $L_{medjanela\ ergo}$ : 11308,58  $cd/m^2$   
 $L_{medjanelapano}$ : 21241,38  $cd/m^2$   
 $L_{fonte}$ : 17935,89  $cd/m^2$   
 $L_{fundo}$ : 962,28  $cd/m^2$

**DGI 26,81**

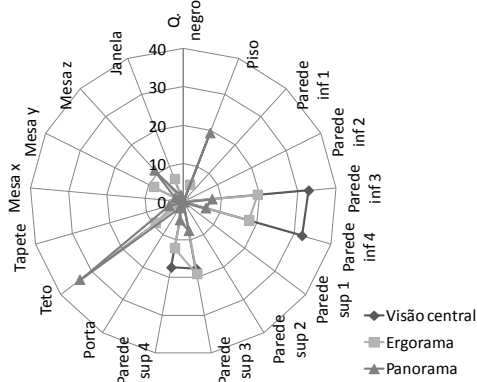
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
<b>Intolerável</b>	<b>3</b>	<b>28</b>
Percentil		Idade
P95		5 e 6

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



Lmedjanela v.cent:	0 cd/m <sup>2</sup>
Lmedjanela ergo:	6820,88 cd/m <sup>2</sup>
Lmedjanelapano:	6366,4 cd/m <sup>2</sup>

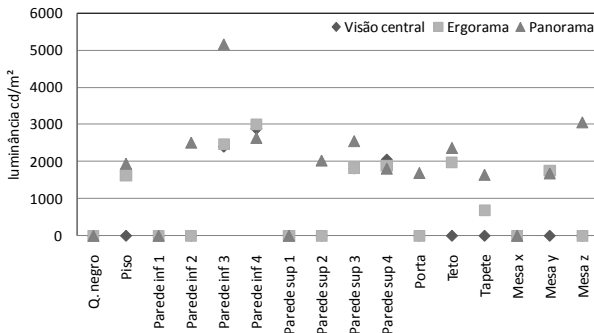
Lfonte: 6517,64 cd/m<sup>2</sup>

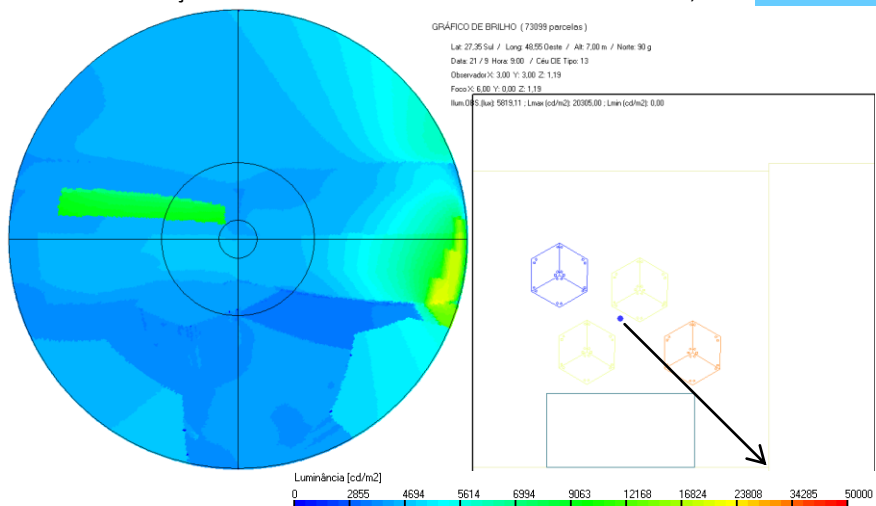
Lfundo: 2474,59 cd/m<sup>2</sup>

**DGI 17,21**

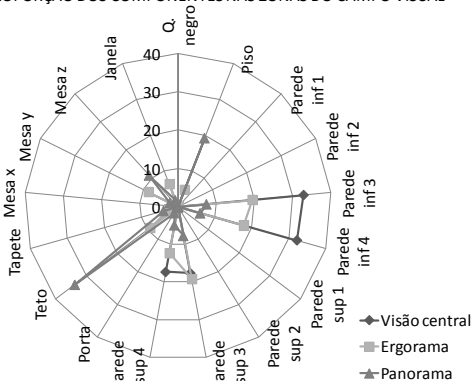
Esc. valor	GSV	DGI
<b>Imperceptível</b>	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
Intolerável	3	28
Percentil		Idade
P95		5 e 6

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



$L_{medjanela\ v.cent}$ : 0 cd/m<sup>2</sup>

$L_{medjanela\ ergo}$ : 6618,36 cd/m<sup>2</sup>

$L_{medjanelapano}$ : 6384,85 cd/m<sup>2</sup>

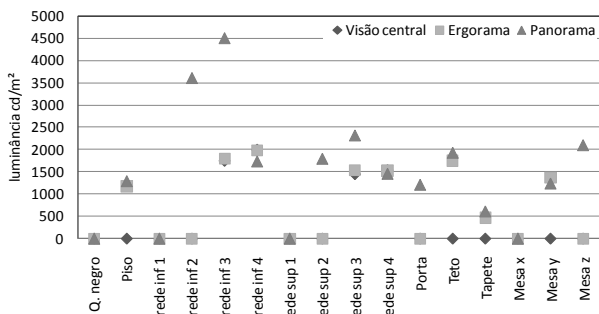
Lfonte: 6462,56cd/m<sup>2</sup>

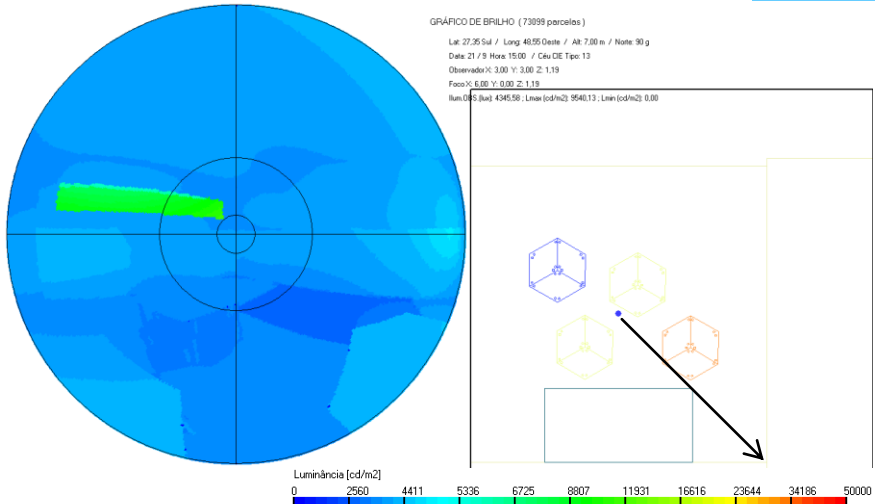
Lfundo: 1897,97 cd/m<sup>2</sup>

**DGI 18,22**

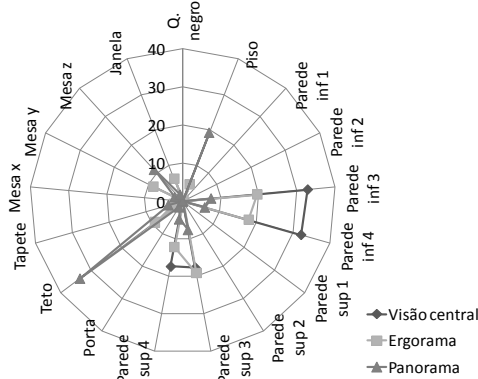
Esc. valor	GSV	DGI
<b>Imperceptível</b>	0	16-18
<b>Aceitável</b>	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
Intolerável	3	28
Percentil		Idade
P95		5 e 6

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





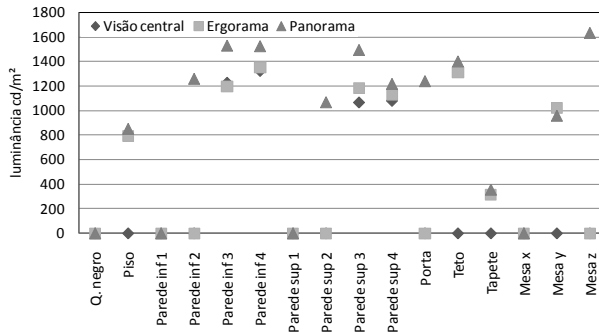
PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL

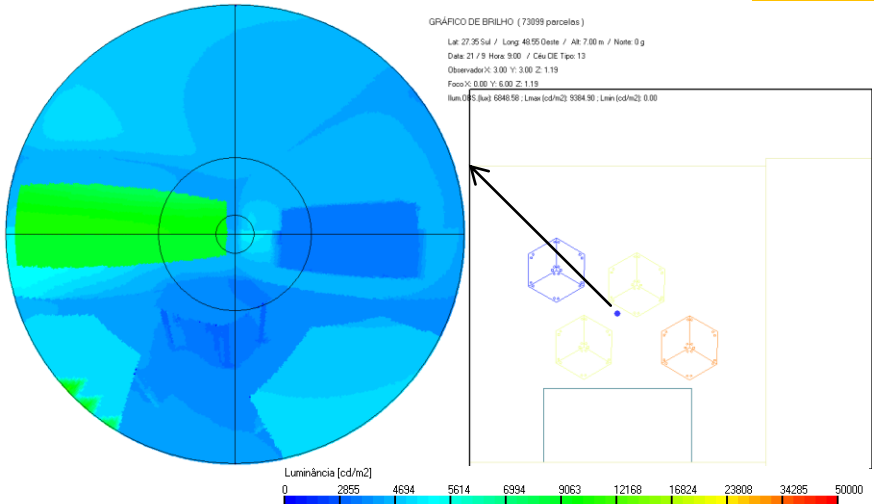


L<sub>medjanela v.cent.</sub>: 0 cd/m<sup>2</sup>  
 L<sub>medjanela ergo.</sub>: 7605,46cd/m<sup>2</sup>  
 L<sub>medjanelapano.</sub>: 6175,74 cd/m<sup>2</sup>  
 L<sub>fundo</sub>: 1264,54 cd/m<sup>2</sup>

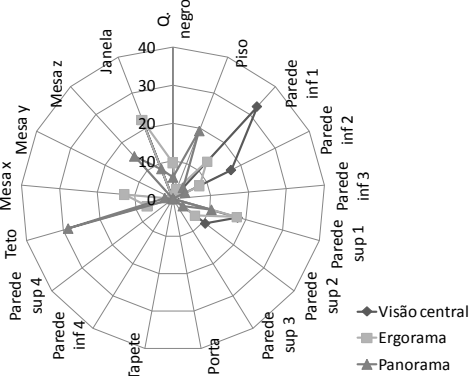
DGI <b>19,98</b>		
Esc. valor	GSV	DGI
<b>Imperceptível</b>	0	16-18
<b>Aceitável</b>	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
Intolerável	3	28
Percentil	Idade	
P95	5 e 6	

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



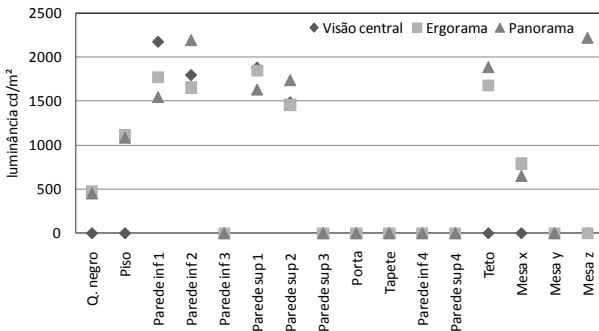
$L_{medjanela\ v.cent.}$ : 7117,14 cd/m<sup>2</sup>  
 $L_{medjanela\ ergo.}$ : 6800,38 cd/m<sup>2</sup>  
 $L_{medjanelapano.}$ : 6892,78 cd/m<sup>2</sup>

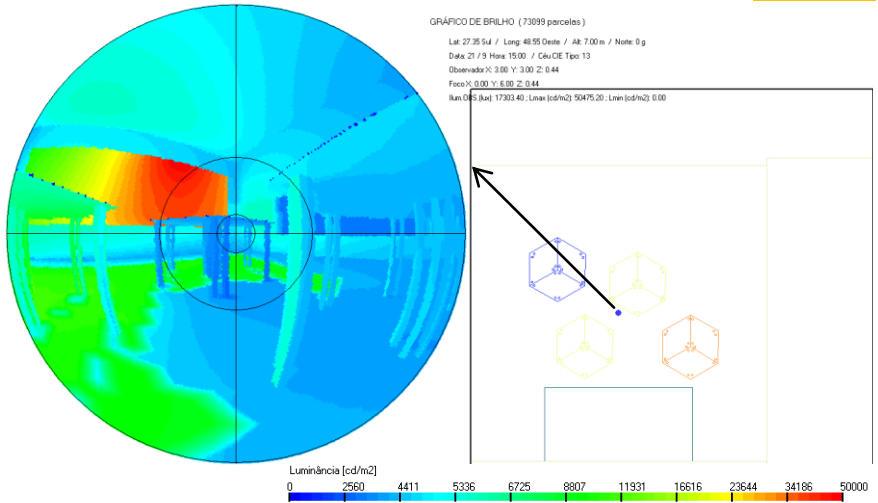
$L_{fonte}$ : 6871,63 cd/m<sup>2</sup>  
 $L_{fundo}$ : 1596,26 cd/m<sup>2</sup>

**DGI 23,81**

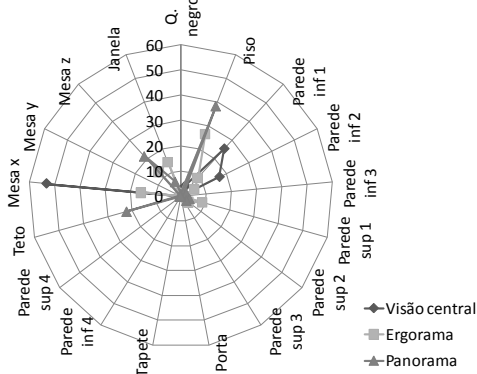
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
<b>Aceitável</b>	1	20
<b>Limite C-D</b>	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
Intolerável	3	28
Percentil		Idade
P95		5 e 6

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





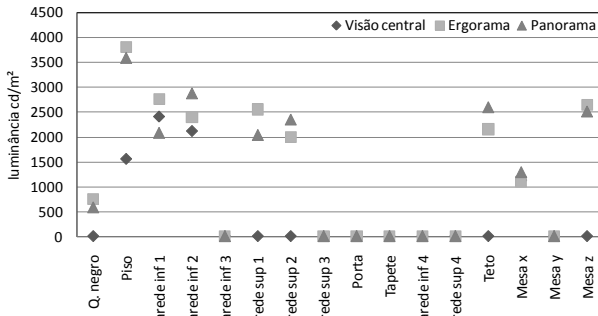
PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL

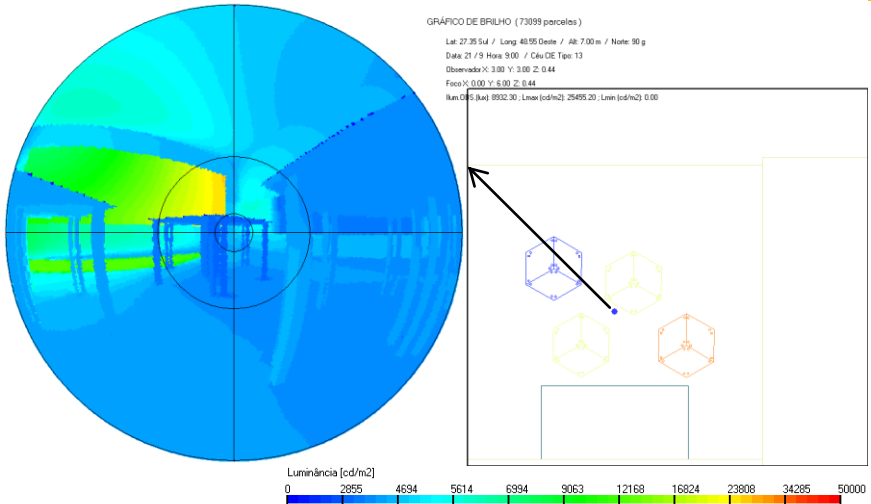


L <sub>medjanela v.cent.</sub>	28838,46 cd/m <sup>2</sup>
L <sub>medjanela ergo.</sub>	37039,4 cd/m <sup>2</sup>
L <sub>medjanelapano.</sub>	25907,34 cd/m <sup>2</sup>
L <sub>fonte</sub>	28782,78 cd/m <sup>2</sup>
L <sub>fundo</sub>	2880,8 cd/m <sup>2</sup>
<b>DGI</b>	<b>29,86</b>

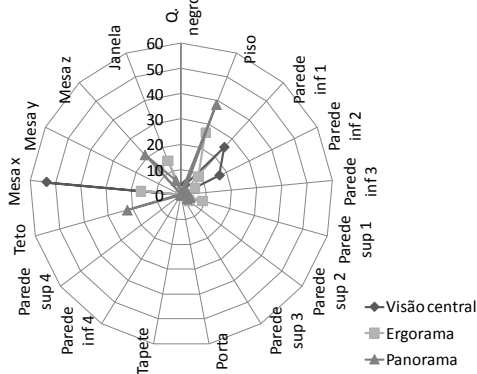
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
<b>Intolerável</b>	<b>3</b>	<b>28</b>
Percentil		Idade
P5		4 e 5
P50		5

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL

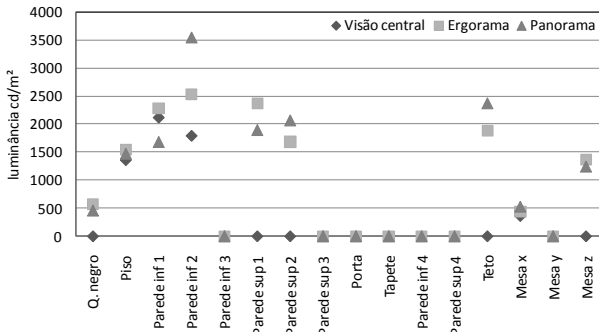


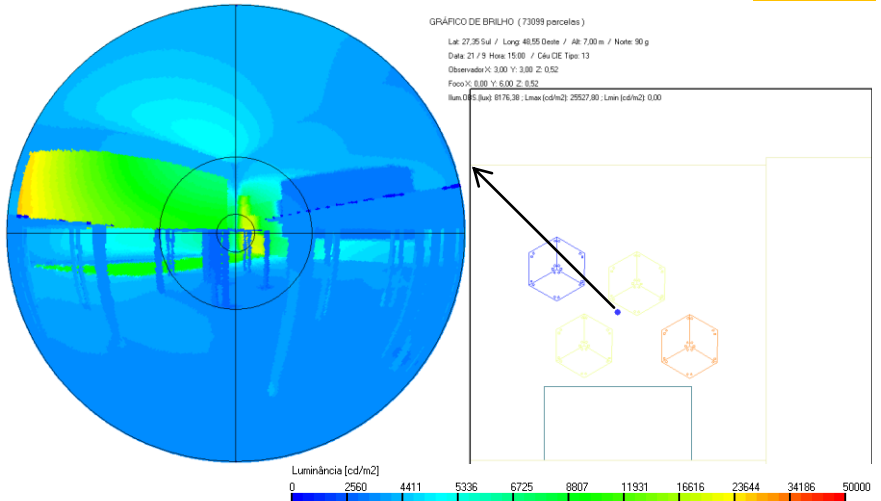
$L_{medjanela\ v.cent.}$ : 22003,2  $cd/m^2$   
 $L_{medjanela\ ergo}$ : 19740,34  $cd/m^2$   
 $L_{medjanelapano}$ : 9782,98  $cd/m^2$   
 $L_{fonte}$ : 12356,84  $cd/m^2$   
 $L_{fundo}$ : 1689,64  $cd/m^2$

**DGI 26,73**

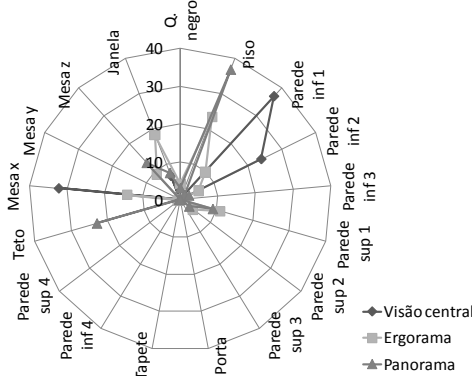
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
<b>Desconfortável</b>	<b>2</b>	<b>24-26</b>
<b>Intolerável</b>	<b>3</b>	<b>28</b>
Percentil		Idade
P5		4 e 5
P50		5

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



$L_{medjanela\ v.\ cent.} = 7502,37\ cd/m^2$   
 $L_{medjanela\ ergo.} = 6459,76\ cd/m^2$   
 $L_{medjanelapano.} = 11815,45\ cd/m^2$

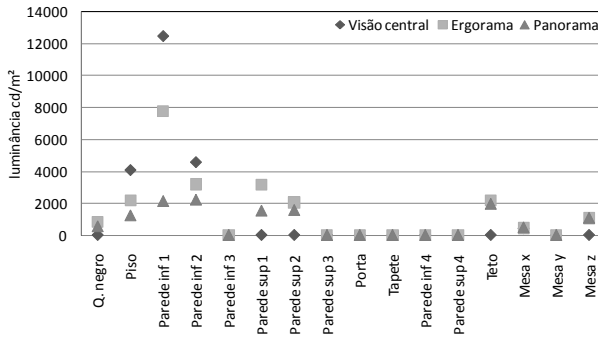
Lfonte: 10407,48 cd/m<sup>2</sup>

Lfundo: 1626,04 cd/m<sup>2</sup>

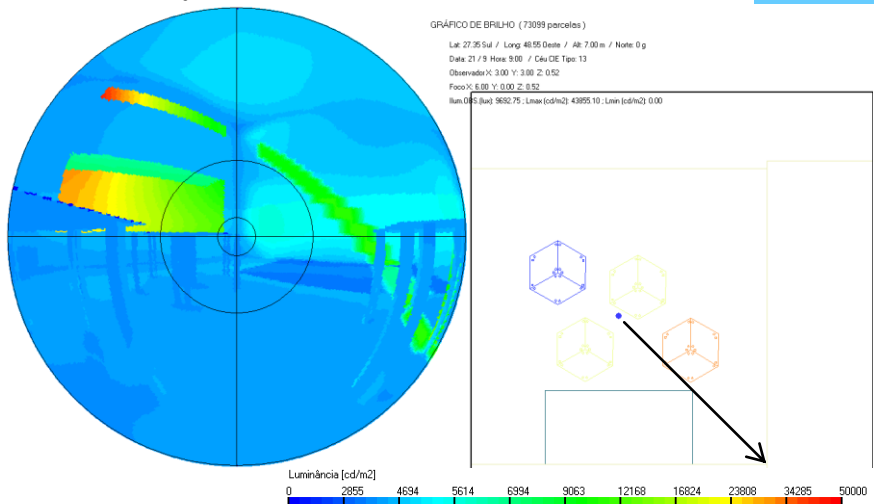
DGI **25,93**

Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
<b>Desconfortável</b>	<b>2</b>	<b>24-26</b>
Intolerável	3	28
Percentil		Idade
P95		4 e 5
P5		6

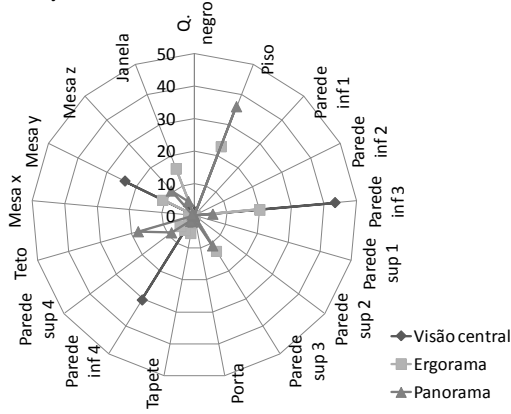
LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL







PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL

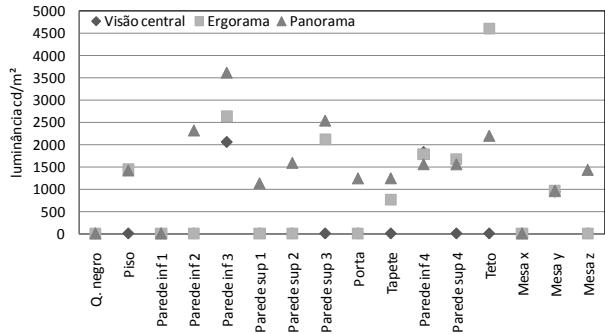


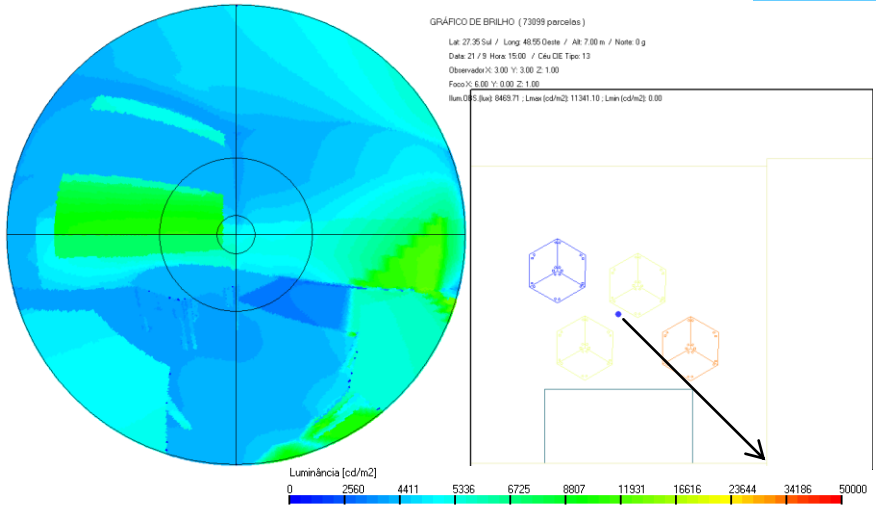
L<sub>medjanela v.cent</sub>: 10210,03cd/m<sup>2</sup>  
 L<sub>medjanela ergo</sub>: 11110,64 cd/m<sup>2</sup>  
 L<sub>medjanelapano</sub>: 19569,98 cd/m<sup>2</sup>  
 L<sub>fonte</sub>: 16839,35 cd/m<sup>2</sup>  
 L<sub>fundo</sub>: 1829,78 cd/m<sup>2</sup>

**DGI 28,40**

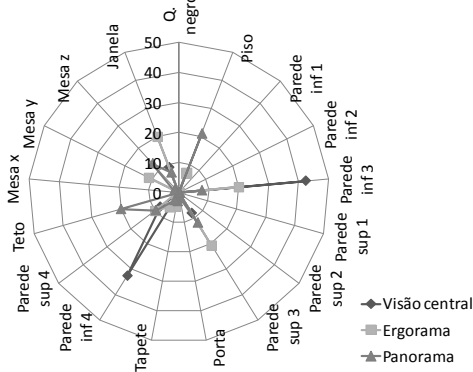
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
Limite C-D	1,5	22
Desconfortável	2	24-26
<b>Intolerável</b>	<b>3</b>	<b>28</b>
Percentil		Idade
P95		4 e 5
P5		6

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



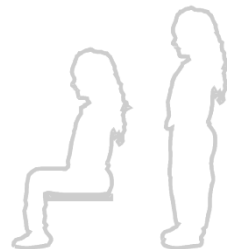
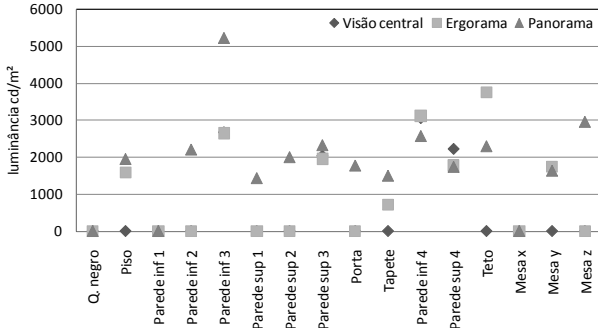
L <sub>medjanela v.cent.</sub>	6765,02 cd/m <sup>2</sup>
L <sub>medjanela ergo.</sub>	6684,42 cd/m <sup>2</sup>
L <sub>medjanelapano.</sub>	5758,48 cd/m <sup>2</sup>

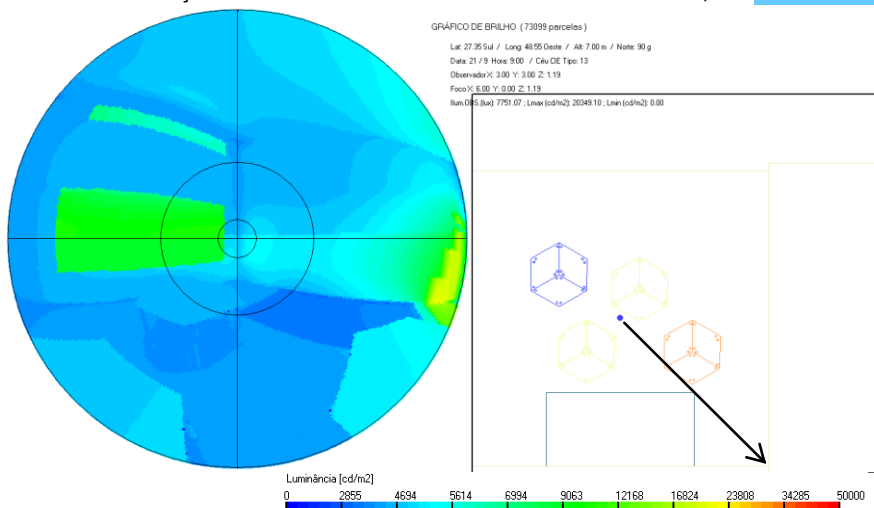
L<sub>fonte</sub>: 6031,5 cd/m<sup>2</sup>  
 L<sub>fundo</sub>: 2411,4 cd/m<sup>2</sup>

**DGI 21,30**

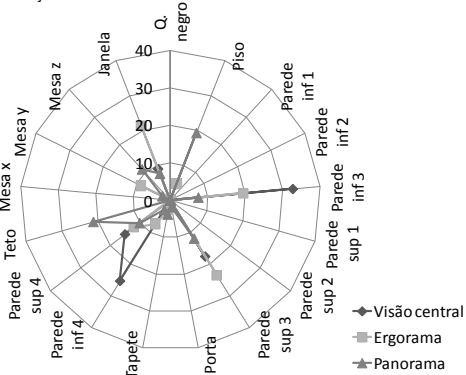
Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
<b>Aceitável</b>	<b>1</b>	<b>20</b>
<b>Límite C-D</b>	<b>1,5</b>	<b>22</b>
Desconfortável	2	24-26
Intolerável	3	28
Percentil		Idade
P95		6
P5,P50 e P95		6, 5 e 4

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





PROPORÇÃO DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL



$L_{medjanela\ v.cent}: 7391,96\ cd/m^2$

$L_{medjanela\ ergo}: 6947,41\ cd/m^2$

$L_{medjanelapano}: 6190,12\ cd/m^2$

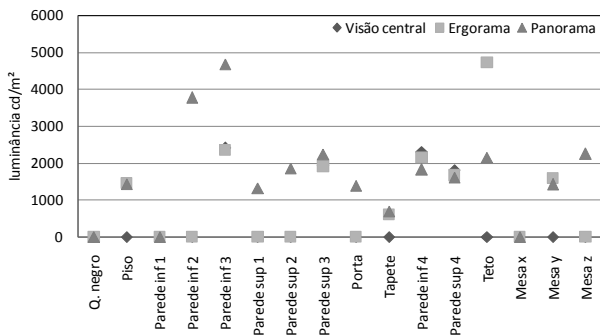
Lfonte: 6416,4 cd/m<sup>2</sup>

Lfundo: 2047,91 cd/m<sup>2</sup>

**DGI 22,38**

Esc. valor	GSV	DGI
Imperceptível	0	16-18
Aceitável	1	20
<b>Limite C-D</b>	1,5	22
<b>Desconfortável</b>	2	24-26
Intolerável	3	28
Percentil		Idade
P95		5 e 6

LUMINÂNCIAS DOS COMPONENTES NAS ZONAS DO CAMPO VISUAL





Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo

Orientador: Fernando Oscar Ruttkay Pereira, PhD.  
Co-orientador: Dr.<sup>a</sup> Marta Dischinger.

Florianópolis, 2011