

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação



Edward Hopper

ANÁLISE DE PROJETO COM FOCO EM ILUMINAÇÃO NATURAL: aprimoramento e validação de um método

Autora:
Débora Félix Rodrigues Ikeda

Brasília, julho de 2012.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pesquisa e Pós-Graduação

**ANÁLISE DE PROJETO COM FOCO EM ILUMINAÇÃO NATURAL:
aprimoramento e validação de um método.**

Autora:

Débora Félix Rodrigues Ikeda

Orientadora:

Dra. Cláudia Naves David Amorim

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília – UnB, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Brasília, Julho de 2012

Débora Félix Rodrigues Ikeda

**ANÁLISE DE PROJETO COM FOCO EM ILUMINAÇÃO NATURAL:
aprimoramento e validação de um método.**

Dissertação de mestrado apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, UnB.

Aprovada por:

Dra. Cláudia Naves David Amorim (FAU – UnB) – Orientadora
Presidente da Banca

Dra. Doris Catharine Cornélie Knatz Kowaltowski (UNICAMP)
Examinador Externo

Dr. Hartmut Günther (FAU – UnB)
Examinador Externo

Brasília, Julho de 2012

Ikeda, Débora Félix Rodrigues.
I26a Análise de projeto com foco em iluminação natural
 : aprimoramento e validação de um método / Débora
 Félix Rodrigues Ikeda. -- 2012.
 xviii, 175 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) - Universidade de Brasília,
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de
Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2012.
Inclui bibliografia.
Orientação: Cláudia Naves David Amorim.

1. Projeto arquitetônico. 2. Iluminação (Arquitetura
e decoração). I. Amorim, Cláudia Naves David. II. Título.

CDU 72.011.22

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Débora Félix Rodrigues Ikeda

TÍTULO: ANÁLISE E PROJETO COM FOCO EM ILUMINAÇÃO NATURAL: aprimoramento e validação de um método.

GRAU: Mestre.

ANO: 2012.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta Dissertação de Mestrado e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta Dissertação de Mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Débora Félix Rodrigues Ikeda

e-mail: deboraikeda@gmail.com

Ao meu marido, ao meu
filho Davi e à minha família, que
são tudo para mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter SEMPRE me dado persistência e muita determinação para finalizar as coisas que me disponho a realizar. Se não fosse isso, dificilmente este trabalho teria sido concluído.

À luz, ao sol, ao dia, pois foi para aproveitá-los de maneira coerente que este trabalho foi realizado.

À luz e ao sol da minha vida: meu filho Davi, por aceitar (muitas vezes sem querer) a minha ausência e retribuí-la com abraços, carinhos, sorrisos e muito amor. Amor incondicional!

À minha mãe e ao meu pai por terem me proporcionado um dos maiores tesouros que uma pessoa pode ter – o estudar.

Ao Jimmu, meu marido, pelo apoio, presença, incentivo e principalmente pela paciência e compreensão.

A todos que me incentivaram e apoiaram na realização deste trabalho, principalmente minha família, em especial minha mãe (pelos préstimos de mãe e de avó, pela presença, força e orações constantes).

Aos membros da banca de qualificação: Leonardo de Oliveira pela leitura atenciosa da qualificação e pelas importantes críticas e sugestões; e Hartmut Günther além da leitura atenciosa da qualificação e suprimento de referências bibliográficas pelas orientações precisas sobre validação de métodos.

Ao CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa pela bolsa concedida para realização do trabalho.

Aos funcionários da pós-graduação pela atenção e inúmeros préstimos, principalmente ao Júnior e João da Secretaria da FAU-PPG.

À amiga e à amizade que construímos no mestrado – Renata Brendolan. Obrigada por ter tornado essa etapa mais leve e descontraída.

Aos amigos (as) que fiz durante o mestrado: Laura, Viviane, Milena, Ana Ceres, Caio, Renata, Júlia, Gustavo, Adriano, Elder e Daniel.

Aos alunos do PA5 e PA6 (2º semestre de 2011 e 1º semestre de 2012) do curso de arquitetura e urbanismo da UnB que contribuíram no processo de validação do método de análise de projeto com foco em iluminação natural e conforto ambiental - Diagrama Morfológico.

Aos professores Jônio Cintra e Rosana Clímaco que sempre estavam prontos pra me ouvir e ajudar.

Ao profissional Edmilson que deu vida ao site e ao programa denominado Diagrama Morfológico que se encontra disponível na internet (www.deborafelix.com.br).

À Lisângela, minha ajudante, pelo carinho e dedicação que sempre cuidou do Davi na minha ausência.

À amiga Thays Lourenço pela arte da capa e contra capa da minha dissertação.

Às amigas Simone, Priscila, Helga, Brenda, Cristina, Janaina e Terezinha pelo incentivo e apoio.

Aos colegas e amigos de Goiânia e Brasília que compreenderam a minha ausência e que mesmo assim me incentivaram e apoiaram a todo o momento.

Em especial à minha orientadora, professora Cláudia David Naves Amorim pelo apoio, dedicação, confiança, orientações precisas e seguras.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE GRÁFICOS	XIV
LISTA DE FLUXOGRAMA	XVI
RESUMO	XVII
ABSTRACT	XVIII
INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 OBJETIVO GERAL	3
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 PROJETO DE ARQUITETURA: PROCESSOS E MÉTODOS	4
2.2 MÉTODOS DE ANÁLISE E PROJETO COM FOCO EM CONFORTO AMBIENTAL E/OU ILUMINAÇÃO NATURAL	9
2.2.1 QUADROS DE MAHONEY	10
2.2.2 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE ADMISSÃO DE LUZ NATURAL EM EDIFICAÇÃO	11
2.2.3 DIAGRAMA MORFOLÓGICO	12
2.2.4 COMPARAÇÃO ENTRE OS TRÊS MÉTODOS APRESENTADOS	17
2.2.5 OUTROS MÉTODOS RELACIONADOS AO TEMA	20
2.3 ILUMINAÇÃO NATURAL	22
2.3.1 CONFORTO LUMINOSO	25
2.3.2 DESENHO URBANO	26
2.3.3 ESPECULARIDADE E REFLETÂNCIA DAS FACHADAS EXTERNAS À EDIFICAÇÃO	28
2.3.4 ÂNGULO MÁXIMO DE INCIDÊNCIA DO SOL NA FACHADA DO EDIFÍCIO	30
2.3.5 PLANTA BAIXA E FORMA	32
2.3.6 TAXA DE ABERTURAS NAS FACHADAS	36
2.3.7 DISTRIBUIÇÃO DAS ABERTURAS NAS FACHADAS	36
2.3.8 PROTEÇÕES SOLARES NAS FACHADAS	37
2.3.9 ABERTURAS ZENITAIS	42
2.3.10 POSIÇÃO E FORMA DA JANELA OU COLETOR DE LUZ	46
2.3.11 DIMENSÃO DO COLETOR DE LUZ	51
2.3.12 CONTROLE DE ENTRADA DE LUZ	53
2.3.13 REFLETÂNCIA DO TETO, PAREDES E PISO	58
2.3.14 CONTROLE E INTEGRAÇÃO DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL	59

3	MÉTODO	61
3.1	ETAPA 1: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	61
3.2	ETAPA 2: DIAGNÓSTICO E APRIMORAMENTO DO MÉTODO DE ANÁLISE E PROJETO AMBIENTAL COM USO DE ILUMINAÇÃO NATURAL – DIAGRAMA MORFOLÓGICO;	62
3.3	ETAPA 3: IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO EM PROGRAMA COMPUTACIONAL	63
3.4	ETAPA 4: VALIDAÇÃO DO MÉTODO DIAGRAMA MORFOLÓGICO	63
3.4.1	EDIFÍCIOS PARA ANÁLISES E VALIDAÇÃO DO MÉTODO	65
3.5	ETAPA 5: RESULTADOS E DISCUSSÕES	71
3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	72
4.1	DIAGNÓSTICO DAS ANÁLISES DOS 122 DIAGRAMAS MORFOLÓGICOS JÁ APLICADOS A PROJETOS	72
4.1.1	ANÁLISE E PROPOSTA DE APRIMORAMENTO DO MÉTODO DIAGRAMA MORFOLÓGICO	74
4.2	IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO DIAGRAMA MORFOLÓGICO EM PROGRAMA COMPUTACIONAL	78
4.2.1	PRIMEIRA PÁGINA DO PROGRAMA COMPUTACIONAL COM O MÉTODO DIAGRAMA MORFOLÓGICO	79
4.2.2	SEGUNDA PÁGINA DO PROGRAMA COMPUTACIONAL COM O MÉTODO DIAGRAMA MORFOLÓGICO	81
4.2.3	TERCEIRA PÁGINA DO PROGRAMA COMPUTACIONAL COM O MÉTODO DIAGRAMA MORFOLÓGICO	84
4.2.4	QUARTA PÁGINA DO PROGRAMA COMPUTACIONAL COM O MÉTODO DIAGRAMA MORFOLÓGICO	88
4.2.5	QUINTA PÁGINA DO PROGRAMA COMPUTACIONAL COM O MÉTODO DIAGRAMA MORFOLÓGICO	101
4.3	RESULTADOS DAS ANÁLISES COM DIAGRAMA MORFOLÓGICO EM PROGRAMA COMPUTACIONAL	126
4.3.1	RESULTADOS DAS ANÁLISES DO NÍVEL I – ESPAÇO URBANO: EDIFÍCIO 1	126
4.3.2	RESULTADOS DAS ANÁLISES DO NÍVEL II – EDIFÍCIO: EDIFÍCIO I	129
4.3.3	RESULTADOS DAS ANÁLISES DO NÍVEL III – AMBIENTE: EDIFÍCIO 1	135
4.3.4	RESULTADO FINAL DAS ANÁLISES DO EDIFÍCIO 1	143
4.3.5	RESULTADOS DAS ANÁLISES DO NÍVEL I – ESPAÇO URBANO: EDIFÍCIO 2	147
4.3.6	RESULTADOS DAS ANÁLISES DO NÍVEL II – EDIFÍCIO: EDIFÍCIO 2	148
4.3.7	RESULTADOS DAS ANÁLISES DO NÍVEL III – AMBIENTE: EDIFÍCIO 2.	150
4.3.8	RESULTADO FINAL DAS ANÁLISES DO EDIFÍCIO 2	154
4.3.9	COMPARAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS COM A ANÁLISE DE REFERÊNCIA	158
4.3.10	RESULTADOS FINAIS DAS APLICAÇÕES DE OUTROS MÉTODOS AOS EDIFÍCIOS 1 E 2	160
4.4	VALIDAÇÃO DO DIAGRAMA MORFOLÓGICO	162
4.4.1	ANÁLISE CRÍTICA DO MÉTODO DIAGRAMA MORFOLÓGICO	163
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	167
5.1	QUANTO AO MÉTODO	167
5.2	QUANTO AO PROGRAMA ELABORADO PARA ARMAZENAR O MÉTODO	168
5.3	QUANTO À VALIDAÇÃO	169
5.4	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	169
5.5	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	170
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	171
7	SITES DE INTERNET:	174

Lista de Figuras

Figura 1 - Processo mental de projetar (FABRICIO, 2002, p.118).	5
Figura 2 – Habilidades intelectuais ao longo do processo de projeto (FABRICIO, 2002, p.120).	6
Figura 3 – Estrutura de processo de tomada de decisão projetual de Markus e Arch segundo Tzortzopolulos et al (2001, p. 17).	6
Figura 4- Esquema do processo projetual (Adaptado de SILVA, 2003).	7
Figura 5 – Diagrama de análise de processos de projeto bioclimáticos (DUTRAS e YANNAS, 2006).	9
Figura 6 – Parâmetros do Nível I – Espaço Urbano do Diagrama Morfológico (AMORIM, 2007).	14
Figura 7 – Parâmetros do Nível II - Edifício do Diagrama Morfológico (AMORIM, 2007).	15
Figura 8 – Parâmetros do Nível III - Ambiente do Diagrama Morfológico (AMORIM, 2007).	16
Figura 9 - Espectro eletromagnético (CORBELLA, 2003, p.237).	23
Figura 10 – Variáveis do conforto luminoso (VIANNA E GONÇALVES, 2011, p.17).	25
Figura 11 - A: Reflexão Especular; B: Reflexão Dispersa; C: Reflexão Difusa (EGAN, 2002, p.57).	28
Figura 12 - Combinações de vários tipos de reflexão – A: Reflexão Difusa e Especular; B: Reflexão Difusa e Dispersa; C: Reflexão Especular e Dispersa (EGAN, 2002, p.57).	28
Figura 13 – Representação da relação H/W (SOUZA, 2003, p.670).	30
Figura 14 - Exemplos de relações de cânions urbanos vistos em um corte transversal (Fonte: SUGA, 2005).	31
Figura 15 – Planta e Corte para demonstrar a relação entre a altura da janela e a profundidade do ambiente para garantir iluminação adequada no ambiente (CINTRA, 2011, p. 36).	32
Figura 16 - Exemplo de um edifício com pátio interno: Memorial Minas Gerais (Fonte: www.archdaily.com.br. Foto: Jomar Bragança).	34
Figura 17 - Edifício com átrio - SAP Global Service Center (Fonte: hwww.archdaily.com.br. Foto: Nelson Kon).	34
Figura 18 - Esquema de Insolação e Ventilação do SAP Global Service Center (Fonte: www.archdaily.com.br. Foto: Nelson Kon).	35
Figura 19 e Figura 20 - Exemplo de um edifício com pele dupla – fachada e ambiente interno (Fonte: www.archdaily.com.br. Fotos: Nelson Kon).	35
Figura 21 – Fachada do edifício SAP Global Service Center com pele dupla (Fonte: www.archdaily.com.br. Foto: Nelson Kon).	35
Figura 22 e Figura 23- Exemplo de varanda/beiral: Casa no Guarujá Projeto de Bernardes Jacobsen (Fonte: www.archdaily.com.br. Fotos: Leonardo Finotti).	38
Figura 24 – Exemplo de um brise ou protetor solar vertical: casa em Nova Lima projetada por Arquitetos Associados (Fonte: www.cbca-acobrasil.org.br. Foto: Leonardo Finotti).	38
Figura 25 – Exemplo de um brise ou protetor solar horizontal – Complexo Administrativo da Petrobras em Macaé, RJ. (Fonte: www.arcoweb.com.br. Foto: Patrícia Cardoso).	39
Figura 26 e Figura 27– Exemplos de Cobogós (Fonte: evolutivaarquitectura.wordpress.com. Foto: Evolutiva Arquitectura).	40
Figura 28 – Exemplo de Pergolado (Fonte: www.scadedmoveisplanejados.com.br. Foto: Scaded Moveis Planejados).	41

Figura 29 – Três estratégias para incorporar a vegetação nos edifícios (YEANG, 2001, p.238).	41
Figura 30 – Exemplo de um elemento perfurado – Fachada da Livraria Cultura projetada por Paulo Mendes da Rocha (Fonte: www.arcoweb.com.br . Foto: Leonardo Finotti).	42
Figura 31 - Exemplo de uso da Clarabóia: Sheraton Barra – RJ projetado por STA Arquitetura (Fonte: www.arcoweb.com.br . Foto: Cristiano Mascaro).	43
Figura 32 – Exemplo de uso do Lanternim (Fonte: www.archdaily.com.br . Foto: Adrià Goula).	43
Figura 33 e Figura 34- Exemplo de Uso do Shed ou Dente de Serra (Fonte: www.archdaily.com.br . Foto: Nelson Kon).	44
Figura 35 - Exemplo de Cobertura Translúcida (Fonte: www2.dupont.com . Foto: Safety Glass).	45
Figura 36 - Exemplo de Poço de Luz (Fonte: BROWN; DEKAY, 2004, p.256).	45
Figura 37 – Vista harmônica para o exterior. As três partes da vista são bem definidas (TOLEDO, 2008, p.27).	47
Figura 38 – Vistas indesejáveis para o exterior. Esquerda: abertura muito alta – vista desproporcional com muito céu. Direita: abertura muito baixa - vista desproporcional com pouco céu e muito solo (TOLEDO, 2008, p.28).	47
Figura 39 – Exemplo do comportamento da luz em Janelas baixas (LAM, 1986, p.77).	47
Figura 40 – Janelas baixas e suas vistas (LAM, 1986, p.78).	48
Figura 41 – Exemplo do comportamento da luz em janela média: não é ideal para a distribuição da luz solar ou luz do céu refletida a partir do piso (LAM, 1986, p.80).	48
Figura 42 – Exemplo do comportamento da luz em janela alta: proporcionam melhor distribuição da luz (LAM, 1986, p.79).	48
Figura 43 – Exemplo de janela intermediária.	49
Figura 44 – Exemplo de janela horizontal.	49
Figura 45 – Exemplo de abertura zenital horizontal.	50
Figura 46 – Exemplo de teto envidraçado.	50
Figura 47 – Exemplo de parede de vidro ou cortina de vidro.	50
Figura 48 – Exemplo de janela vertical.	51
Figura 49 – Exemplo de abertura zenital vertical.	51
Figura 50 – Exemplo de Prateleira de Luz (Fonte: http://3rings.designerpages.com).	56
Figura 51 – Exemplo da utilização de cortina (Fonte: www.persilar.com.br).	57
Figura 52 - Exemplo da utilização de cortina (Fonte: www.persianasdee.com.br).	58
Figura 53 - Nível de iluminação natural no interior de uma sala conforme a forma do teto (EGAN, 2002, p.109).	59
Figura 54 – Mapa Metodológico.	61
Figura 55 – Localização do Edifício 1 e 2 (GOOGLE MAPS, 2012).	66
Figura 56 - Implantação e orientação (fachadas em relação à carta solar) da Casa do Professor	66
Figura 57 – Fachada Leste da Casa do Professor (MARCHIS et al, 2011)	67
Figura 58 e Figura 59– Fachada Leste da Casa do Professor (MARCHIS et al, 2011)	67
Figura 58 – Fachada Oeste da Casa do Professor (MARCHIS et al, 2011)	67

Figura 59 e Figura 60 – Fachadas Norte e Sul respectivamente da Casa do Professor (MARCHIS et al, 2011).	67
Figura 63 e Figura 64– Vista interna do restaurante da Casa do Professor (MARCHIS et al, 2011).	68
Figura 65 – Planta de implantação, pavimento térreo e pavimento superior da Casa do Professor (MARCHIS et al, 2011).	68
Figura 66 – Fiocruz e seus respectivos blocos/prédios (AMORIM et al 2011).	69
Figura 67 – Fiocruz e seus respectivos blocos/prédios (AMORIM et al 2011).	69
Figura 68 – Implantação e orientação (fachadas em relação à carta solar) do Bloco Educacional.	70
Figura 69 e Figura 70– Fachadas sudoeste e sudeste do Bloco Educacional (AMORIM et al 2011)	70
Figura 71 e Figura 72– Fachadas Nordeste e Noroeste do Bloco Educacional (AMORIM et al 2011). ..	70
Figura 73 – Vista interna da sala de aula do Bloco Educacional (AMORIM et al 2011).	70
Figura 74 – Imagem referente à primeira página do programa referente ao Diagrama Morfológico (Fonte: www.deborafelix.com.br).	80
Figura 75 – Ficha Técnica referente ao projeto em análise - segunda página do programa (Fonte: www.deborafelix.com.br).	81
Figura 76 – Help com as características de cada tipo de clima com base em Koppen, 1938.....	82
Figura 77 – Campos referentes ao Clima - segunda página do programa (Fonte: www.deborafelix.com.br).	82
Figura 78 – ZBBR – Zoneamento Bioclimático do Brasil (Fonte: http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/zbbr).....	83
Figura 79 – Parâmetro A – Desenho Urbano e suas variáveis (A1 a A11).	84
Figura 80 – Parâmetro B – Refletância das Fachadas Externas à Edificação e suas variáveis(B1 a B3). ..	85
Figura 81 – Parâmetro C – Especularidade das Fachadas Externas à Edificação e suas variáveis (C1 a C3).	87
Figura 82 – Parâmetro D – Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício e suas variáveis (D1 a D4).	88
Figura 83 – Parâmetro E – Planta Baixa e Forma e suas variáveis (E1 a E6).	89
Figura 84 – Parâmetro F – Refletância das Fachadas do Edifício Analisado e suas variáveis (F1 a F3)..	90
Figura 85 – Parâmetro G – Especularidade das Fachadas do Edifício Analisado e suas variáveis (G1 a G3).....	92
Figura 86 – Parâmetro H – Taxa de Abertura nas Fachadas e suas variáveis (H1 a H4).	93
Figura 87 – Parâmetro I – Distribuição das Aberturas nas Fachadas e suas variáveis (I1 a I3).	94
Figura 88 – Parâmetro J – Proteções Solares nas Fachadas e suas variáveis (E1 a E6).....	95
Figura 89 – Parâmetro K– Aberturas Zenitais e suas variáveis (E1 a E6).	99
Figura 90 – Início da última parte da análise: Nível III – Ambiente Interno.	102
Figura 91 – Parâmetro L – Planta Baixa e suas variáveis (L1 a L4).	102
Figura 92 – Parâmetro M – Planta Baixa e suas variáveis (M1 a M6).	104
Figura 93 – Parâmetro N – Planta Baixa e suas variáveis (N1 a N6).	107
Figura 94 – Parâmetro O – Planta Baixa e suas variáveis (O1 a O7).	109

Figura 95 – Parâmetro P – Planta Baixa e suas variáveis (P1 a P8).....	110
Figura 96 – Parâmetro Q – Planta Baixa e suas variáveis (Q1 a Q2).....	114
Figura 97 – Parâmetro R, S e T – Planta Baixa e suas variáveis.....	115
Figura 98 – Parâmetro U – Planta Baixa e suas variáveis (U1 a U6).....	116
Figura 99 – Campos destinados à análise crítica.....	117
Figura 100 – Relatório Edifício 1 - Diagrama Morfológico Parte I (Fonte: www.deborafelix.com.br).....	118
Figura 101 – Relatório Edifício 1 - Diagrama Morfológico Parte 2 (Fonte: www.deborafelix.com.br).....	119
Figura 102 – Relatório Edifício 1 - Diagrama Morfológico Parte 3 (Fonte: www.deborafelix.com.br).....	120
Figura 103 – Nível I – Espaço Urbano do Diagrama Morfológico (Fonte: www.deborafelix.com.br).....	122
Figura 104 – Nível II – Edifício do Diagrama Morfológico (Fonte: www.deborafelix.com.br).....	124
Figura 105 – Nível III – Ambiente do Diagrama Morfológico (Fonte: www.deborafelix.com.br).....	125
Figura 106 – Parâmetro A – Desenho Urbano e suas variáveis (A1 a A11).....	127
Figura 107 – Parâmetro B – Refletância das Fachadas Externas à Edificação e Parâmetro C – Especularidade das Fachadas Externas à Edificação.....	128
Figura 108 – Parâmetro D – Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício e suas variáveis (D1 a D4).....	129
Figura 109 – Parâmetro E – Planta Baixa e Forma e suas variáveis (E1 a E6).....	130
Figura 110 – Parâmetro F – Refletância das Fachadas do Edifício Analisado (F1 a F3) e Parâmetro G – Especularidade das Fachadas do Edifício Analisado e suas variáveis (G1 a G3).....	131
Figura 111 – Parâmetro H – Taxa de Abertura das Fachadas e suas variáveis (H1 a H4).....	132
Figura 112 – Parâmetro I – Distribuição das Aberturas nas Fachadas e suas variáveis (I1 a I3).....	133
Figura 113 – Parâmetro J – Proteções Solares nas Fachadas e suas variáveis (J1 a J8).....	134
Figura 114 – Parâmetro K – Aberturas Zenitais e suas variáveis (K1 a K6).....	135
Figura 115 – Parâmetro L – Planta Baixa e suas variáveis (L1 a L4).....	135
Figura 116 – Parâmetro M – Posição do Coletor de Luz e suas variáveis (M1 a M6).....	136
Figura 117 – Parâmetro N – Dimensão do Coletor de Luz e suas variáveis (N1 a N6).....	137
Figura 118 – Parâmetro O – Planta Baixa e suas variáveis (O1 a O7).....	138
Figura 119 – Parâmetro P – Controle da Entrada de Luz e suas variáveis (P1 a P8).....	139
Figura 120 – Parâmetro Q – Tipo de Envidraçado e suas variáveis (Q1 a Q2).....	140
Figura 121 – Parâmetro R, S e T – Refletância do Teto, das Paredes e do Piso e suas variáveis.....	141
Figura 122 – Parâmetro U – Controle e Integração da Iluminação Artificial e suas variáveis (U1 a U6).....	142
Figura 18 - Esquema de Insolação e Ventilação do SAP Global Service Center. Foto: de Nelson Kon. Disponível em: http://www.archdaily.com.br/5779/sap-global-service-center-eduardo-de-almeida-shundi-iwamizu-arquitetos-associados/esquema_insolacao_ventilacao-copy/).....	174

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Itens analisados no método de admissão de luz natural no interior de edificações.	12
Tabela 2 – Tabela resumo dos níveis, parâmetros e variáveis do Diagrama Morfológico.....	17
Tabela 3 – Tabela comparativa dos métodos de análise e projeto com foco em conforto ambiental e/ou iluminação natural.....	18
Tabela 4 – Nível de iluminância exigido pela Norma Brasileira (ABNT, 1991).	26
Tabela 5 – Tabela com materiais e suas respectivas especularidades.	29
Tabela 6 – Tabela com alguns tipos de superfícies e suas respectivas refletâncias.	29
Tabela 7 – Tabela classificação de refletâncias.	30
Tabela 8 – tipos de clima x características de cânions apropriados.	31
Tabela 9 – Tabela com altura de janela X Profundidade de ambiente com relação à distribuição de iluminação lateral	33
Tabela 10 – Ângulos mínimos indicados para protetores solares para a cidade de Brasília e sentido adotado para leitura dos ângulos.	40
Tabela 11 – Limites de fator solar de vidro e de percentual de abertura zenital para cobertura.....	46
Tabela 12 – Parâmetro de cálculo e pré-dimensionamento de aberturas.	53
Tabela 13 – Área mínima de janela para garantir vista para o exterior.	53
Tabela 14 – Tabela com fatores de transmissão solar e fator solar para alguns vidros.	55
Tabela 15 – Tabela com fatores de transmissão solar e fator solar de alguns materiais.	55
Tabela 16 – Tabela com as análises dos Diagramas Morfológicos já aplicados a projetos.....	73
Tabela 17 – Tabela resumo referente ao cruzamento do número de respostas da variável “outros” para cada parâmetro e demarcações em amarelo (aspectos negativo) de cada parâmetro dos 122 Diagramas.....	78
Tabela 18 – Tabela de Refletâncias referente ao Parâmetro B.	86
Tabela 19 – Tabela de Especularidade referente ao Parâmetro C.	87
Tabela 20 – Tabela de Refletâncias referente ao Parâmetro F.	91
Tabela 21 – Tabela de Especularidade referente ao Parâmetro G.	92
Tabela 22 – Ambiente profundo e ambiente com profundidade adequada com relação à distribuição de iluminação natural lateral (CINTRA, 2013).	103
Tabela 23 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 1 referente ao Nível I – Espaço Urbano do Diagrama Morfológico.	143
Tabela 24 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 1 referente ao Nível II – Edifício do Diagrama Morfológico.	144
Tabela 25 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 1 referente ao Nível III – Edifício do Diagrama Morfológico.	145
Tabela 26 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 1 referente aos três níveis do Diagrama Morfológico.	145
Tabela 27 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 2 referente ao Nível I – Espaço Urbano do Diagrama Morfológico.	154

Tabela 28 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 2 referente ao Nível II – Edifício do Diagrama Morfológico.	155
Tabela 29 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 2 referente ao Nível III – Ambiente do Diagrama Morfológico.	156
Tabela 30 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 2 referente aos três níveis do Diagrama Morfológico.	157
Tabela 31 – Comparação das respostas das análises dos dois edifícios realizadas pelos alunos com as respostas da análise de referência.	159

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - eficiência de iluminação de um poço de luz.....	46
Gráfico 2 - inclinação ideal para prateleira de luz (para céu claro).	57
Gráfico 3 – Demarcações das variáveis do Parâmetro A – Desenho Urbano Edifício I.....	127
Gráfico 4 – Demarcações das variáveis do Parâmetro B – Refletância das Fachadas Externas à Edificação e suas variáveis (B1 a B4).....	128
Gráfico 5 – Demarcações das variáveis do Parâmetro C – Especularidade das Fachadas Externas à Edificação e suas variáveis (C1 a C4).....	128
Gráfico 6 – Demarcações das variáveis do Parâmetro D – Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício e suas variáveis (D1 a D4).	129
Gráfico 7 – Demarcações das variáveis do Parâmetro E – Planta Baixa e Forma do EDIFÍCIO 1.....	130
Gráfico 8 – Demarcações das variáveis do Parâmetro F – Refletância das Fachadas do EDIFÍCIO 1 (F1 a F3).	131
Gráfico 9 – Demarcações das variáveis do Parâmetro G – Especularidade das Fachadas do Edifício Analisado (G1 a G3).....	132
Gráfico 10 – Demarcações das variáveis do Parâmetro H – Taxa de Abertura das Fachadas do EDIFÍCIO 1.....	133
Gráfico 11 – Demarcações das variáveis do Parâmetro I – Distribuição das Aberturas nas Fachadas do EDIFÍCIO 1.....	133
Gráfico 12 – Demarcações das variáveis do Parâmetro A – Desenho Urbano do EDIFÍCIO 1.....	134
Gráfico 13 – Demarcações das variáveis do Parâmetro L – Planta Baixa do EDIFÍCIO 1.....	136
Gráfico 14 – Demarcações das variáveis do Parâmetro M – Posição do Coletor de Luz do EDIFÍCIO 1.	136
Gráfico 15 – Demarcações das variáveis do Parâmetro N – Dimensão do Coletor de Luz do EDIFÍCIO 1.	137
Gráfico 16 – Demarcações das variáveis do Parâmetro O – Forma do Coletor de Luz do EDIFÍCIO 1.....	138
Gráfico 17 – Demarcações das variáveis do Parâmetro P – Controle da Entrada de Luz do EDIFÍCIO 1.	139
Gráfico 17 – Demarcações das variáveis do Parâmetro Tipo de Envidraçado do EDIFÍCIO 1.	140
Gráfico 19 – Demarcações das variáveis dos Parâmetros R, S e T – Refletância do Teto, das Paredes e do Piso do EDIFÍCIO 1.	142
Gráfico 20 – Demarcações das variáveis do Parâmetro U – Controle e Integração da Iluminação Artificial do EDIFÍCIO 1.	143
Gráfico 21 – Demarcações das variáveis do Parâmetro A – Desenho Urbano Casa do Professor.	147
Gráfico 22 – Demarcações das variáveis do Parâmetro B – Refletância das Fachadas Externas à Edificação e suas variáveis (B1 a B4).....	147
Gráfico 23 – Demarcações das variáveis do Parâmetro C – Especularidade das Fachadas Externas à Edificação e suas variáveis (B1 a B4).....	148
Gráfico 24 – Demarcações das variáveis do Parâmetro D – Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício e suas variáveis (D1 a D4).	148

Gráfico 25 – Demarcações das variáveis do Parâmetro E – Planta Baixa e Forma – EDIFÍCIO 2.	148
Gráfico 26 – Demarcações das variáveis do Parâmetro F – Refletância das Fachadas do Edifício Analisado e Parâmetro G - Especularidade das Fachadas do Edifício Analisado.....	149
Gráfico 27 – Demarcações das variáveis do Parâmetro H – Taxa de Abertura nas Fachadas.....	150
Gráfico 28 – Demarcações das variáveis do Parâmetro I – Distribuição das Aberturas nas Fachadas	150
Gráfico 29 – Demarcações das variáveis do Parâmetro L – Planta Baixa – EDIFÍCIO 2.....	151
Gráfico 30 – Demarcações das variáveis do Parâmetro M – Posição do Coletor de Luz - EDIFÍCIO 2.	151
Gráfico 31 – Demarcações das variáveis do Parâmetro N – Dimensão do Coletor de Luz – EDIFÍCIO 2.	151
Gráfico 32 – Demarcações das variáveis do Parâmetro O – Forma do Coletor de Luz - EDIFÍCIO 2....	152
Gráfico 33 – Demarcações das variáveis do Parâmetro P – Controle da Entrada de Luz - EDIFÍCIO 2.	152
Gráfico 34 – Demarcações das variáveis do Parâmetro Tipo de Envidraçado	153
Gráfico 35 – Parâmetro U – Controle e Integração da Iluminação Artificial e suas variáveis (U1 a U6).	153
Gráfico 36 – Demarcações das variáveis do Parâmetro U – Controle e Integração da Iluminação Artificial	154

Lista de Fluxograma

Fluxograma 1 – Fluxograma do Diagrama Morfológico Implementado em Programa Computacional.	121
Fluxograma 2 – Parâmetros e variáveis do nível I – Espaço Urbano do Diagrama Morfológico.....	122
Fluxograma 3 – Parâmetros e variáveis do nível II – Edifício do Diagrama Morfológico.	124
Fluxograma 4 – Parâmetros e variáveis do nível III – Ambiente do Diagrama Morfológico.	125

RESUMO

Atender às necessidades de iluminação natural como pressuposto para o conforto ambiental, sem perder de vista questões estéticas, formais e funcionais é um dos grandes desafios do arquiteto. Para tal, é importante contar com métodos que possibilitem análises rápidas, objetivas e precisas durante as fases iniciais de projeto ou para a análise de projetos já concluídos. Esta dissertação tem como objetivo aprimorar e validar um Método de Análise e Projeto com Foco em Iluminação Natural denominado Diagrama Morfológico (AMORIM, 2007). Tal método analisa o projeto arquitetônico considerando três diferentes níveis: o Espaço Urbano, o Edifício e o Ambiente Interno.

A metodologia utilizada para o presente trabalho incluiu três fases: 1 - aprimoramento do método, realizado por meio de revisão bibliográfica de normas e referencial bibliográfico internacional e nacional e análise de 122 Diagramas Morfológicos já preenchidos na avaliação de projetos por alunos de diversos cursos de graduação e pós graduação em arquitetura; 2 - inserção do Diagrama Morfológico aprimorado em plataforma computacional de acesso livre, interativa, acessível, de fácil manuseio e entendimento; 3 - validação do método Diagrama Morfológico, realizada através do uso do mesmo em plataforma computacional por cinquenta alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília. Cada aluno realizou a análise de dois edifícios já construídos - Casa do Professor e FIOCRUZ – ambos no campus da UnB. Os resultados destas análises foram comparados com os resultados de outros métodos (incluindo a simulação computacional de iluminação e a etiquetagem de eficiência energética de edifícios), utilizando a metodologia proposta por Gunter (2011).

Os resultados desta comparação apontam que o Diagrama Morfológico pode configurar-se como um instrumento de checagem dos principais pontos relacionados ao uso da iluminação natural, otimizando e direcionando alterações no projeto, além de proporcionar a construção de repertório arquitetônico de referência e melhoria da capacidade crítica do usuário, através das análises efetuadas. Dessa forma, conclui-se que o Diagrama Morfológico pode contribuir para as boas práticas projetuais da arquitetura com uso da luz natural, com significativos impactos para o conforto ambiental e sustentabilidade.

Palavras-chave: Projeto arquitetônico. Iluminação natural. Método. Validação.

ABSTRACT

One of the challenges of the architect is to meet daylighting and environmental comfort without losing aesthetic, formal and functional issues. For that, the use of methods that allow fast, objective and precise analysis during the early phases of the design or in the analysis of concluded projects is very important. This thesis aims to improve and validate a project analyzing method focused in daylighting called Morphological Diagram (AMORIM, 2007). This method analyses architectural design considering three different levels: Urban space, Building and Room.

The methodology used for this study included three phases: 1 - improvement of the method, performed by the revision of national and international literature, including technical standards, and the analysis of 122 morphological diagrams already filled in the evaluation of projects by architecture students of graduation and post graduation courses; 2 - insertion of the Improved Morphological Diagram Method in an free, interactive and user friendly computational program ; 3 – validation of the Morphological Diagram Method, with fifty students of Architecture and Urbanism students at the University of Brasilia that analyzed two existing buildings - The Professor House and FIOCRUZ (both on the campus of UNB) – using the computational program. The results of these analysis were compared with the results of other methods (including lighting simulation and buildings energy efficiency labeling), using the methodology proposed by Gunter (2011).

The results indicate that the Morphological Diagram can be a checking tool for daylighting in buildings , providing design optimization by directing changes to the project; it can also provide the construction of a referential projects repertoire and the improvement of the critical capability of the users, by the performed analysis. Thus, it is concluded that the Morphological Diagram can contribute to architecture good practice considering daylighting, with significant impacts in environmental comfort and sustainability.

Keywords: Architectural design. Method. Daylighting. Validation.

INTRODUÇÃO

Dentro do contexto mundial, a Revolução Industrial foi um marco nas grandes transformações sociais, econômicas e técnicas. Com ela, surgiu um novo repertório de materiais construtivos que colaborou com a grande transformação do quadro da arquitetura. Posteriormente a isso, no período entre guerras, surgiu o estilo internacional que revolucionou por completo os conceitos da arquitetura (BRUAND, 2002).

Com isso, profissionais do mundo todo começaram a reproduzir uma arquitetura pautada nos conceitos do estilo internacional sem as devidas contextualizações climáticas, econômicas, sociais e culturais. Paralelamente, algumas áreas específicas do projeto arquitetônico, como por exemplo, o conforto ambiental começou a não ser assimilado e aplicado ao projeto arquitetônico. Em função da falta de soluções projetuais adequadas ao clima brasileiro, houve uma sobrecarga da utilização dos sistemas de iluminação e climatização artificial que acarretou na necessidade de se produzir mais energia elétrica no país (BRUAND, 2002; LAMBERTS, 1998).

Esta situação se agravou com a crise de energia do petróleo da década de 70 e com o crescimento populacional das cidades na década de 80. No entanto, a produção energética causa impactos diretos nas questões ambientais, sociais e culturais. É nesse contexto, que surge, a necessidade de se produzir edificações energeticamente mais eficientes, pois é mais barato e causa menos impactos economizar a energia do que fornecê-la (LAMBERTS, 1998).

Dessa forma, fica evidente a necessidade de se produzir uma arquitetura voltada para as necessidades locais e adequada ao clima. Atender a estas questões diminui os problemas relativos à má solução projetual de conforto ambiental, iluminação natural e conseqüentemente com gastos energéticos na arquitetura. Além disso, atender as necessidades de conforto ambiental dos usuários sem perder de vista a questão estética e formal do projeto é um dos grandes papéis do arquiteto (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

Alguns aspectos projetuais interferem no conforto ambiental e mais especificamente na iluminação natural das edificações, como a orientação, os materiais construtivos, a área exposta à insolação, a organização dos espaços internos, os acabamentos, tamanhos, cores, formas, proteção solar das aberturas além de vários outros elementos compositivos (CUNHA, 2006).

Nesse sentido, a arquitetura deve contribuir para a obtenção de edificações com melhores condições de conforto ambiental e conseqüentemente de iluminação natural e que sejam energeticamente mais eficientes, pois objetiva soluções projetuais que refletem as questões relativas ao clima local (ROMERO, 2001).

De acordo com Baker et al (1993) existem algumas maneiras de persuadir os projetistas a incrementar o uso consciente da luz natural: evidenciar as possibilidades existentes por meio de **estudos de caso exemplares**, fornecer informações e análises descrevendo os aspectos relevantes dos estudos de caso e, por fim, **disponibilizar aos projetistas instrumentos para auxílio no projeto ou análise de projetos**.

Segundo está lógica, Fontoyonont (1998) apresenta uma coletânea de projetos arquitetônicos na Task 21 da International Energy Agency que resultou em um compêndio que analisa os edifícios do ponto de vista da luz natural, **despertando o olhar do projetista para procedimentos, estratégias e detalhes significativos que podem ser utilizados em outros projetos**.

Para Dutra e Yannas (2006) a maior oportunidade de melhorar o desempenho energético, o conforto ambiental e a iluminação natural de um edifício **ocorrem no início do projeto, quando decisões básicas são feitas** em relação ao local, orientação, configuração e estratégias solares passivas.

Segundo Cunha (2006) o conforto ambiental e a iluminação natural podem e devem ser considerados já na fase inicial, isto é, de definição do partido e estudos preliminares, pois irão definir muitos dos elementos compositivos do projeto arquitetônico como por exemplo, a escolha da melhor fachada para maior quantidade de aberturas, esquadrias adequadas para cada fachada de acordo com a orientação, bem como a necessidade de proteção solar nas aberturas. Ainda segundo esse autor, **se a**

iluminação natural e o conforto ambiental não forem pensados na fase inicial de elaboração do projeto, com certeza acarretará necessidade de adaptações nas etapas futuras.

Cunha (2006) afirma que se o projetista possuir algum **instrumento de análise e projeto** que auxilie na **avaliação da iluminação natural** já na fase inicial, isto é, de definição do partido e estudos preliminares, pode evitar modificações no projeto em suas fases finais. Alerta ainda que um projeto para ser adequado e atender às necessidades de conforto ambiental e iluminação natural não precisa de invenções tecnológicas de ponta para responder às necessidades do homem.

“É importante ficar claro que simplesmente por meio do desenho arquitetônico, sem outras considerações além de que dizem respeito ao lugar, ao clima, às orientações, à insolação, podem ser melhoradas as condições do habitat antes de recorrer a técnicas ou sistemas tecnológicos” (CUNHA, 2006).

Assim, pode-se afirmar, com base nas referências anteriores, que é importante a existência de métodos que proporcionem a criação de bons repertórios de projetos arquitetônicos, e, além disso, que estes possam auxiliar os projetistas na elaboração de projetos ou na análise de projetos existentes.

Existem alguns métodos de análise de projeto que abordam questões relativas a conforto ambiental e iluminação natural no projeto. Estes avaliam o projeto de maneira mais específica com foco no conforto ambiental e/ou iluminação natural. Mahoney (UNITED NATIONS, 1971) elaborou **um instrumento que pode ser utilizado na fase inicial do projeto para chegar a um partido arquitetônico adequado ao clima local** denominado Quadros de Mahoney; Bogo (2010) estabelece um **método de avaliação de admissão de luz natural em edificações** que consiste em identificar situações adequadas ou não, acertos e erros arquitetônicos e Amorim (2007) apresenta o **Diagrama Morfológico – instrumento de análise e projeto ambiental com uso de iluminação natural**, que pode ser utilizado para leitura e análise de um projeto existente, ou como auxiliar no processo de projeto.

Dentre estes métodos que avaliam o projeto de maneira mais específica com foco em conforto ambiental e/ou iluminação natural, esta dissertação tem como objeto de trabalho o método denominado **Diagrama Morfológico – instrumento de análise e projeto ambiental com uso de iluminação natural** (AMORIM, 2007).

A escolha por este método justifica-se por vários motivos, dentre os quais:

- 1º por ser um método de análise e projeto que proporciona aos alunos (de arquitetura e urbanismo) e profissionais na criação de um repertório de bons projetos (estudos de caso exemplares);
- 2º possibilita uma análise mais completa que os demais métodos apresentados anteriormente, pois faz uma análise do desenho urbano, do edifício até chegar ao ambiente (análise que parte do macro para o micro), sem perder de vista as questões climáticas do local;
- 3º possui leitura simplificada e objetiva possibilitando a identificação, no projeto, dos pontos que necessitam de otimização e;
- 4º por ser um método que aborda, de maneira geral, todas as interfaces ligadas à iluminação natural de um projeto, podendo ser utilizado para leitura e análise de um projeto existente ou como auxiliar no processo de projeto;

Dessa forma, pautando-se nas afirmações anteriores (BAKER, 1993; FONTOYONONT, 1998; OLIVEIRA, 2009; DUTRA E YANNAS, 2006; CUNHA 2006; LAMBERTS, 1998; VIANNA e GONÇALVES, 2001) justifica-se a escolha do tema desta dissertação: **Contribuir e Validar o método de análise e projeto com foco em iluminação natural e conforto ambiental denominado Diagrama Morfológico** (AMORIM, 2007).

Pretende-se fazer isso, com a mesma lógica apresentada por Barki (2009), isto é, que o Diagrama Morfológico seja um conjunto de elementos simplificados de maneira que possa passar informações de forma clara. Além disso, pretende-se, por meio de sua sintaxe lógica (relações formais claras) e seu padrão visual, possibilitar uma compreensão facilitada, auxiliando a memorização dos conceitos e dados fundamentais para a elaboração de um bom projeto com foco em conforto ambiental e iluminação natural.

Por fim, pretende-se contribuir com o referido método por meio de subsídios referenciais, normativos e quantitativos para posteriormente validá-lo, transformando-o em um instrumento acessível (programa computacional) a estudantes e profissionais de arquitetura, possibilitando uma rápida e concisa análise do projeto ainda em sua fase inicial ou em projetos já construídos, com foco em iluminação natural.

1.1 *Objetivos*

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar subsídios para contribuir com o método de análise e projeto arquitetônico com foco em iluminação natural, bem como validá-lo para uso na fase inicial do projeto, ou na análise de projetos existentes.

1.1.2 Objetivos específicos

- analisar e rever a estrutura existente do método, considerando os itens pertinentes para uma avaliação adequada de projeto com foco em iluminação natural;
- investigar normas, regulamentos e bibliografias nacionais e internacionais que possam subsidiar a avaliação de projeto e ser inseridas na estrutura do método e;
- validar o método junto a um grupo de usuários, quais sejam: alunos da graduação do curso de arquitetura e urbanismo. A validação¹ será realizada com base em dois edifícios construídos, no entanto, o método poderá ser utilizado na fase inicial do projeto.

1.2 *Estrutura do Trabalho*

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos. O **primeiro** corresponde à Introdução, onde é destacada a relevância do tema proposto, os objetivos gerais e específicos, o objeto e estrutura do trabalho. O **segundo** corresponde à Revisão Bibliográfica em que são apresentados conceitos relacionados ao tema. Neste capítulo são abordados assuntos relativos a métodos e processos de projeto, métodos de análise e projetos com foco em conforto ambiental e/ou iluminação natural, iluminação natural e suas principais variáveis e por fim, é feita uma revisão bibliográfica referente aos parâmetros e variáveis que compõe o objeto de estudo desta dissertação - Diagrama Morfológico. No **terceiro** capítulo são abordados os procedimentos metodológicos que foram utilizados a fim de atingir os objetivos estabelecidos nesta dissertação. No **quarto** capítulo são apresentados os Resultados e Discussão da aplicação da metodologia proposta. No **quinto** e último capítulo são apresentadas as Considerações Finais juntamente com as limitações do trabalho bem como sugestões para trabalhos futuros.

¹ Validação é o ato de tornar válido. Válido é o que tem valor ou serventia, é legítimo, legal, o que tem validade. Os sinônimos de validação são: aceitação, aprovação, confirmação, legalização e ratificação (FERREIRA, p.558, 1993).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta a revisão bibliográfica dos assuntos relacionados ao tema desta dissertação, aborda aspectos referentes a alguns processos e métodos de projeto de arquitetura, discorre sobre alguns métodos de análise e projeto com foco em conforto ambiental e/ou iluminação natural, apresenta definições e aspectos relativos à luz natural e apresenta uma revisão bibliográfica dos parâmetros e variáveis que compõe o objeto de estudo deste trabalho – Diagrama Morfológico.

2.1 Projeto de Arquitetura: processos e métodos

Antes de discorrer sobre os processos para o desenvolvimento de projeto de arquitetura faz-se necessário entender, isoladamente, o significado das seguintes palavras - “**projeto**” e “**processo**”, para em seguida ter o entendimento do que vem a ser um “**processo de projeto**”.

Dessa forma, são apresentados, a seguir, alguns conceitos de projeto:

“é o que se tem a intenção de fazer. Plano, intento. Empreendimento. Plano de realizar qualquer coisa. **Estudo, com desenho e descrição**, de uma construção a ser realizada. **Plano geral de edificação**” (FERREIRA, 1993).

“é **resultado das atividades mentais de cada projetista** tanto quanto da interação entre os múltiplos agentes envolvidos no projeto e, também, do ambiente técnico que suporta tais processos intelectuais” (FABRICIO, 2002, p. 121).

“é o **resultado material de um processo de sistematização entre diagramas e imagens intermediárias**, é um modelo análogo do futuro edifício, anterior no tempo, executado segundo convicções em um meio predominantemente gráfico” (OLIVEIRA, 2009).

Lawson (2011, p.15) alerta que existe o verbo “**projetar**” e o substantivo “**projeto**”, que pode se referir tanto ao **processo** quanto ao **produto final**. No entanto, neste trabalho, “**projeto**” é entendido como produto final e “**projetar**” como processo de projeto.

Assim, de acordo com esses autores (FERREIRA, 1993; FABRICIO, 2002, p.121; LAWSON, 2011; e OLIVEIRA, 2009), fica clara a complexidade e relevância do projeto. No entanto, nesta dissertação, tão importante quanto o projeto (produto final), é entender como ocorre o **processo de projeto**, para isso, são estudados alguns exemplos de processos de projetos existentes.

Adotando essa lógica, segundo o Dicionário Aurélio a palavra “**processo**”, tem a seguinte definição: “é um **conjunto de atos** pelos quais se realiza uma operação qualquer. **Modo por que se realiza ou executa uma coisa. Método. Técnica.** Sistema, programa ou módulo que concretiza uma função” (FERREIRA, 1993).

Portanto, tem-se que “**processo de projeto**” é o **conjunto de atos, método e modo** pelo qual se executa um projeto.

Ainda sobre processo de projetar, Dutra (2006) afirma que:

“o processo de projetar, ou seja, de elaboração de projeto, embora aparentemente entendido como um processo de pensamento e de elaboração de soluções arquitetônicas para os problemas de projeto impostos pelos clientes, legislação e clima, **é uma generalização imprecisa do modo pessoal e único como cada arquiteto projeta**. Embora compartilhando características similares, **cada processo de projeto é único** e resulta de especificidades consequentes de fatores como o repertório particular de cada arquiteto, suas habilidades pessoais, seu estilo de projetar, as exigências do cliente, a função, as premissas e as condicionantes do projeto”.

Ainda sobre este aspecto Tzortzopoulos (1999, p.10) acrescenta que:

“o processo de projetar é uma **sequencia de tomada de decisões que ocorre individualmente** com cada projetista, descrito através de modelos que buscam exprimir como os projetistas desenvolvem seu trabalho, a partir de um conjunto de informações previamente definidas”.

Já Lawson (2011, p.16) afirma que o projeto:

“(…) deve ser um produto final belo, útil, prático e que funcione bem. Normalmente, este projeto (seja ele objeto ou lugar) gera impacto na qualidade de vida das pessoas, por isso, qualquer erro pode causar inconveniências graves, custos elevados, podendo até mesmo ser perigoso. No entanto, projetos muito bons podem se aproximar do poder que as artes plásticas e música têm de elevar o espírito e enriquecer a vida. Nesse sentido é que **projetar exige considerável especialização, conhecimento técnico, imaginação visual e capacidade específica**” (LAWSON, 2011,).

E ainda, segundo o mesmo autor (LAWSON, 2011, p.16):

“até certo ponto, podemos considerar genérica a atividade de projetar. Afirma ainda que, os vários tipos de projeto lidam com idéias precisas e vagas, exigem pensamento sistemático e caótico, precisam de idéias criativas e cálculos mecânicos”.

Portanto, fica claro que uma das dificuldades essenciais e fascinantes do processo de projetar é a necessidade de adotar tantos tipos diferentes de pensamento e conhecimento para se chegar a um produto final – o projeto. Nesse sentido, Lawson afirma que os projetistas devem avaliar a natureza tanto da arte quanto da ciência e, além disso, ter capacidade de projetar. Projetar para ele envolve um **processo mental sofisticado e complexo, capaz de manipular muitos tipos de informações, misturando-os num conjunto coerente de ideias e, finalmente, gerando alguma concretização dessas ideias, que normalmente assume forma de desenho, de projeto** (LAWSON, 2011, p.25 e 26).

De acordo com Fabricio (2002, p. 118) o processo mental de projetar pode ser explicado por meio da Figura 1. Por meio desta figura (Figura 1) percebe-se que as informações iniciais compõem a entrada, o projeto com as quatro habilidades intelectuais (1ª habilidade: análise e síntese das informações; 2ª habilidade: criação de soluções projetuais; 3ª habilidade: conhecimentos, procedimentos e cultura; 4ª habilidade: representações/comunicações) fazem parte do processo e as informações qualificadas resultam a saída/o fim. Para ele esse processo é complexo e envolve múltiplas habilidades intelectuais e motoras bem como os sentidos (em especial a visão), a memória, o raciocínio, as habilidades manuais, etc., que estão envolvidas em quase todas as atividades humanas.

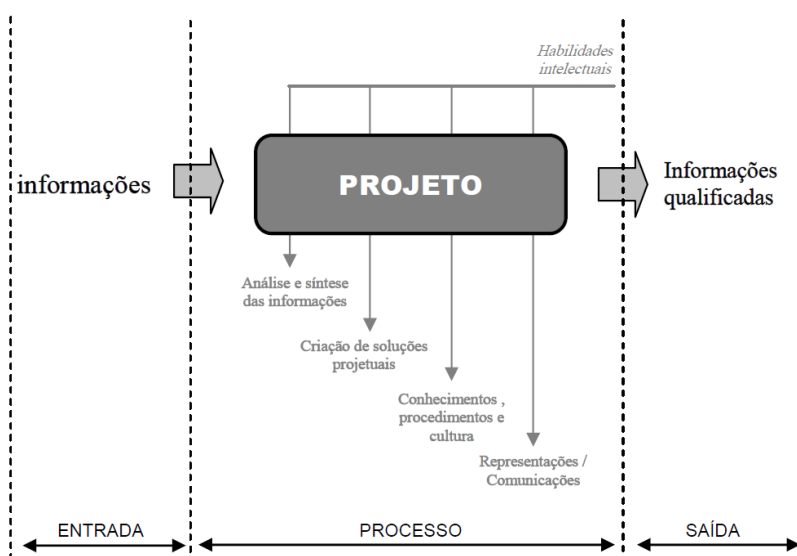


Figura 1 - Processo mental de projetar (FABRICIO, 2002, p.118).

Fabrício (2002, p. 120) afirma que o processo de projeto passa por quatro fases (Figura 2):

- Fase 1 (Diagramas e tabelas) é o momento de se realizar a análise e síntese, esse momento é dedicado à compreensão do problema;
- Fase 2 (Esboços e desenhos) se realiza a criação (proposição de soluções);
- Fase 3 (Métodos de cálculo, algoritmos, softwares) é a fase destinada ao desenvolvimento (aprimoramento e desenvolvimento das soluções e;

- Fase 4 (Desenho técnico, memoriais, textos) se faz a representação e comunicação (detalhamento e apresentação das soluções).

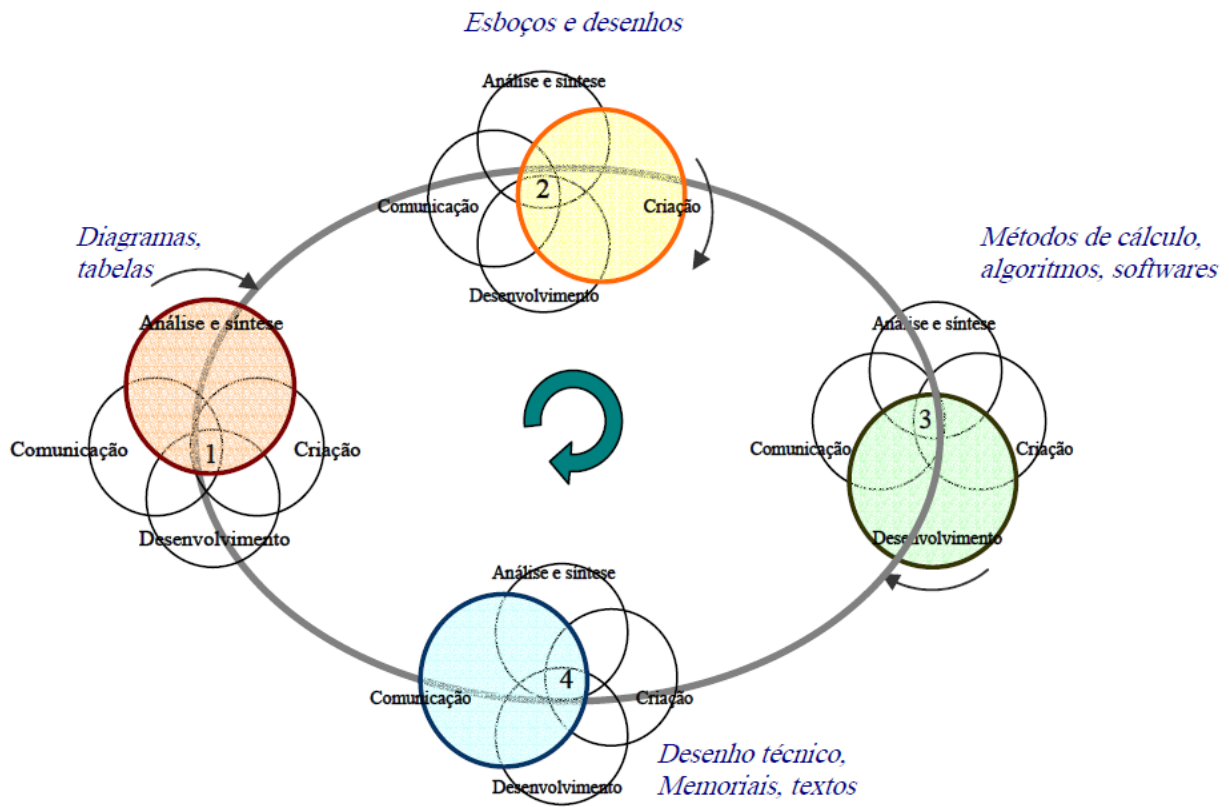


Figura 2 – Habilidades intelectuais ao longo do processo de projeto (FABRÍCIO, 2002, p.120).

Ainda segundo esse autor:

“Nitidamente as quatro habilidades mencionadas se misturam e se processam de maneira interativa, mas também é possível perceber um certo fluxo que parte da compreensão do problema e chega à representação das soluções, mesmo que esse ciclo se processe repetidamente e, por vezes, com a ausência ou inversão entre as etapas” (FABRÍCIO, 2002, p. 119).

Assim, pode-se afirmar que do ponto de vista mental, na passagem de uma “fase” para outra não se marcam rupturas no processo de projeto; trata-se mais de um processo de amadurecimento contínuo que gradativamente desloca o foco de desenvolvimento do projeto.

Seguindo esse mesmo raciocínio do processo de projetar, Markus e Arch (1973, p. 21) apresentam uma estrutura de base (Figura 3) onde há a divisão entre uma estrutura horizontal composta por cinco fases (1 - análise, 2 - síntese, 3 - avaliação, 4 - decisão e comunicação e 5 - análise), que descreve o processo criativo e outra, vertical, que descreve o processo gerencial (Início – geral/abstrato e Particular – concreto/fim).

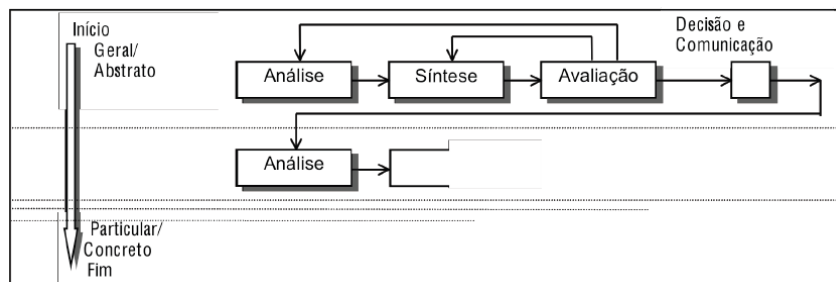


Figura 3 – Estrutura de processo de tomada de decisão projetual de Markus e Arch segundo Tzortzopolulos et al (2001, p. 17).

Na figura anterior é possível perceber que Markus e Arch (1973, p. 21) propõem em sua estrutura de processo de projeto que o projetista retorne à análise ou a síntese após passar pela fase de avaliação. Isso também ocorre na fase de decisão e comunicação, isto é, o projetista pode fazer uma nova análise, fazendo com que este processo seja cíclico da mesma maneira que o processo de projeto apresentado por Fabricio (2002, p.120).

Pinon (2006) sugere um processo de concepção, representação e verificação do projeto de arquitetura. Segundo ele esse processo deve transitar pelas seguintes etapas:

- (i) Croquis (desenhos preliminares do campo conceitual descrevendo os propósitos e diretrizes do projeto);
- (ii) Representação (descrição do edifício por meios dos sistemas convencionais de representação: plantas, cortes, elevações, detalhamentos de elementos arquitetônicos);
- (iii) Verificação (é considerada a etapa fundamental do processo de projetar a arquitetura. Essa etapa se concretiza por meio do processo de juízo visual, isto é, realidade material e visual: utilização de computação gráfica, desenhos em três dimensões. Com isso, pode-se elevar o juízo visual a níveis superiores, pode-se realizar melhor julgamento quanto ao resultado visual e final).

Martinez (2000) afirma que o processo de projeto se desenvolve através de registros gráficos que partem de um nível de maior generalização para outro de maior definição. Segundo ele, na maioria das vezes, o processo de projeto segue as seguintes etapas:

- (i) programa de necessidades; (ii) partido e (iii) pré-projeto.

Segundo Oliveira (2009) esse processo de projetar consolidou a maneira acadêmica de projetar.

Existem normas e manuais que buscam direcionar esse processo de projeto estabelecendo etapas de projeto. A NBR 13531 “Elaboração de projetos de edificações - Atividades técnicas” (ABNT, 2000), subdivide o processo de projeto em oito etapas:

- (i) Levantamento; (ii) Programa de Necessidades; (iii) Estudo de Viabilidade; (iv) Estudo Preliminar; (v) Anteprojeto ou pré-executivo; (vi) Projeto Legal; (vii) Projeto Básico (opcional) e (viii) Projeto para Execução.

Já o Manual de Contratação dos Serviços de Arquitetura e Urbanismo desenvolvido pela Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA, 2000), apresentada as seguintes “etapas e fases do processo de projeto de arquitetura”:

- (i) Levantamento de dados; (ii) Estudo preliminar; (iii) Anteprojeto; (iv) Projeto legal; (v) Projeto executivo, subdividido em pré-executivo, projeto básico, projeto de execução, detalhes de execução; (vi) Caderno de especificações; (vii) Compatibilização / coordenação / gerenciamento dos projetos; (viii) Assistência à execução da obra e (ix) Serviços adicionais (opcional).

Conforme mostra a Figura 4, para SILVA (2003) o processo projetual pode ser dividido em três etapas:

- (i) Definição do partido e estudo preliminares; (ii) Anteprojeto e (iii) Projeto executivo.

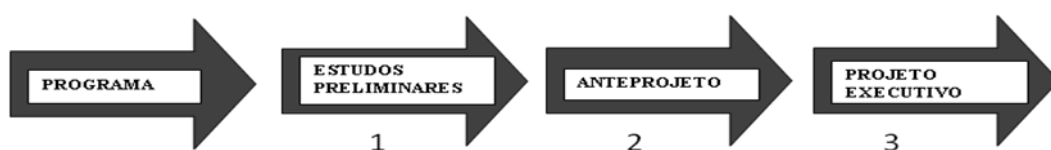


Figura 4- Esquema do processo projetual (Adaptado de SILVA, 2003).

Dessa forma, pode-se afirmar que vários autores tentaram mapear o caminho do processo de projeto e que são inúmeros os processos de projetos e etapas propostas para se desenvolver o projeto do início ao fim.

Sobre esse aspecto, Lawson (2011) afirma que na prática esses processos/etapas tem definido a entrega de produto e pagamentos que envolvem o trabalho do arquiteto. Ainda segundo esse autor, isso é um grande equívoco, pois o processo de projeto perde seu real sentido de ser – estruturar e direcionar as etapas e processos de elaboração do projeto.

Assim, os processos de projetos devem ser entendidos como instrumentos que podem auxiliar os projetistas na medida em que mostram algumas direções a serem percorridas no desenvolver de um projeto.

Cunha (2006) evidencia **a necessidade de se utilizar um processo/método de projeto** e afirma ainda que **isso proporciona uma otimização do tempo e das etapas de trabalho, possibilitando um melhor resultado final**, materializado pelo projeto e pelo objeto construído (CUNHA, 2006, p. 43).

Silva (1983) alega que **a utilização de um processo/método de projeto caracteriza a fuga do processo intuitivo baseado no subjetivismo**, transformando o processo em uma sequência de etapas de trabalho transparentes, que possibilitam a definição e a materialização dos conceitos do arquiteto referentes a vários aspectos considerados durante o ato de projetar.

Kowaltowski (2006) afirma que como o projeto arquitetônico deve atender a várias questões, há quem defenda que exista uma necessidade de mudança de atitude e aplicação de procedimentos mais sistemáticos durante o processo projetual.

Assim, de acordo com estes autores, fica evidente a relevância da existência e utilização de processos/métodos de projeto.

Nesse sentido, Dutra e Yannas (2006) elaboraram um método para **analisar processos de projeto bioclimático** como parte de uma tese de doutorado (DUTRA e YANNAS, 2006), e consiste na utilização de um diagrama, onde são registradas sete linhas horizontais que representam os sete “cursos de ações” do processo de projeto, a saber:

- 1- Obtenção de informações; 2 - Decisões de projeto; 3 - Síntese conceitual: objetivos e metas; 4 - Análise; 5 - Síntese de projeto; 6 - Conjecturas e 7 - Ferramentas de auxílio ao projeto.

Na Figura 5, um exemplo de um diagrama simplificado ilustra as sete principais categorias de ações de projeto.

“Em cada linha horizontal do diagrama, pequenas marcas em forma de bolas denotam quando cada uma das sete diferentes categorias de ações de projeto está acontecendo. Cada uma dessas marcas tem sua explicação através de um símbolo retangular e pequenos textos (veja indicador “2”). **A linha mais espessa que interconecta as pequenas bolas representa o caminho percorrido no processo de projeto passando pelos diversos cursos de ações. Esta linha é chamada de “trajetória de projeto” (indicador “3”).** O início e o final do processo de projeto são marcados nesta trajetória (indicador “4”). Marcações presentes fora da trajetória de projeto indicam ações diferentes que acontecem simultaneamente e interligam-se à trajetória de projeto através de flechas. Geralmente, estas marcações são relativas à obtenção de informações, conjecturas e ferramentas de auxílio ao projeto, que se situam, respectivamente, na primeira, sexta e sétima linhas horizontais (veja indicador “5”) (DUTRA e YANNAS E, 2006, p.328 e 329).



Figura 5 – Diagrama de análise de processos de projeto bioclimáticos (DUTRAS e YANNAS, 2006).

De acordo com Dutra (2006), os diagramas de análise de processos de projeto bioclimáticos provaram ser bastante úteis na identificação de como as informações bioclimáticas entram e são tratadas no processo de projeto arquitetônico. No entanto, mesmo o método identificando como as informações bioclimáticas entram e são tratadas no processo de projeto arquitetônico, ele não proporciona orientações para otimização dos aspectos negativos do projeto e nem conduz o projetista/alunos a acertos projetuais.

Assim, conclui-se que a utilização de processos de projeto deve ser entendida como um suporte, um guia, que pode orientar e nortear o trabalho do projetista até chegar ao projeto. Isso faz com que o processo de projetar seja menos vago, obscuro e pessoal. No entanto, conforme foi apresentado, estes processos de projeto devem ser entendidos como algo flexível e cíclico, que permite ao profissional avançar e recuar quantas vezes considerar necessário durante a elaboração de um projeto, pois se for utilizado de maneira oposta pode inviabilizar a qualidade do produto final.

Nesse sentido, é considerada válida a utilização de processos de projetar, bem como a utilização de métodos de análise e projeto, pois considera-se que um instrumento complementa o outro, auxiliando o projetista na tomada de decisões e na otimização do projeto.

2.2 Métodos de Análise e Projeto com Foco em Conforto Ambiental e/ou Iluminação Natural

Fica evidente a relevância da existência e utilização de métodos de projeto e métodos de análise de projetos. No entanto, o foco desta parte do trabalho é conhecer e analisar alguns métodos de análise e projeto com foco em conforto ambiental e/ou iluminação natural.

Na busca por métodos de análise e projeto com foco em conforto ambiental e/ou iluminação natural, ficou claro que existem poucos métodos com esse enfoque. Além disso, percebeu-se que poucos objetivam orientar e contribuir no processo de projeto ainda em sua fase inicial ou ainda para analisar um projeto existente. Foram encontrados três métodos que abordam, mesmo que de maneira indireta esse tema. Os métodos estudados foram:

- Quadros de Mahoney (UNITED NATIONS, 1971);
- Método de Avaliação de Admissão de Luz Natural em Edificações (BOGO, 2010) e;
- Diagrama Morfológico – Instrumento de Análise e Projeto Ambiental com Uso de Iluminação Natural (AMORIM, 2007).

A seguir são apresentados estes métodos, ressaltando suas características, seus objetivos, pontos positivos e negativos.

2.2.1 Quadros de Mahoney

Os Quadros de Mahoney se caracterizam como um método que pode ser utilizado na fase inicial do projeto para chegar a um partido arquitetônico adequado ao clima local (UNITED NATIONS, 1971).

O fato de se chegar a um partido arquitetônico adequado ao clima local pode indicar que os aspectos relativos a conforto ambiental e iluminação natural são levados em consideração, por esse motivo, o método utilizado nos Quadros de Mahoney foram analisados neste trabalho.

De acordo com Sena et al (2003) estes quadros têm como objetivo adequar as características construtivas da edificação às condições do clima da região. O método consiste na análise dos dados climáticos do local, realizada por uma série de quadros, modelados para registrar e analisar informações climáticas, tendo como saída às recomendações para o partido arquitetônico.

O método de Mahoney consiste em três quadros que inferem entre si. No Quadro I são inseridos os dados climáticos do local, no Quadro II são realizadas as análises destes dados e no Quadro III são apresentadas as recomendações para o partido arquitetônico (SENA et al, 2003).

No Quadro I (composto por duas tabelas) são inseridos os seguintes dados:

- Dados locais (local, latitude, altitude, longitude);
- Determinação dos valores referentes à Temperatura Média (temperatura máxima média mensal, temperatura mínima média mensal, amplitude térmica mensal);
- Determinação dos valores referentes à Umidade Relativa e a Pluviosidade (umidade relativa máxima média mensal, umidade relativa mínima média mensal, umidade relativa média, pluviosidade mensal).

Já o Quadro II é composto por quatro tabelas. Neste Quadro são inseridos os seguintes dados:

- Tabela 1 - Determinação do rigor térmico. Isto ocorre comparando-se a TMmax (Temperatura Média máxima mensal) com os limites do bem estar pelo dia e a TMmin (Temperatura Média mínima mensal) com os limites do bem estar pela noite.
- Tabela 2 - Na sequência faz-se a análise dos Limites de conforto;
- Tabela 3 - Condições climáticas para detecção de cada indicador;
- Tabela 4 – por fim, são identificados os indicadores detectados mês a mês.

No Quadro III tem-se as recomendações para croqui e elementos de projeto arquitetônico como o traçado, espaçamento, movimento do ar, aberturas, paredes, coberturas, dormir ao ar livre e proteção para chuvas.

Embora o método de Mahoney seja caracterizado como um instrumento que pode ser utilizado na fase inicial do projeto para chegar a um partido arquitetônico adequado ao clima local, há estudos como o de Harris et al (2000) e Sena et al (2003) que afirmam o seguinte:

“Muitas metodologias direcionadas às análises climáticas apresentam suas aplicações limitadas devido as dificuldades no tratamento de conceitos subjetivos. Este é o caso dos "Quadros de Mahoney" que não são indicados para análises de regiões que apresentam características climáticas transitórias, como por exemplo, a cidade de Campinas, SP. A causa básica desta mudança brusca esta no delineamento discreto entre os parâmetros climáticos” (HARRIS et al, 2000) (SENA et al, 2003).

De acordo com Sena et al (2003), na prática esta inadequação é observada na mudança brusca e até inconsistente das recomendações finais devido a uma variação mínima dos dados climáticos de entrada. O fato é que estas inadequações podem gerar recomendações arquitetônicas inadequadas, o que pode inviabilizar toda a intenção de se chegar a um partido arquitetônico adequado. Conclui-se, a partir disso, que esse método deve ser utilizado com restrições e com cuidado.

2.2.2 Método de Avaliação de Admissão de Luz Natural em Edificação

Segundo Bogo (2010), esse método foi criado para realizar **avaliações de admissão de luz natural** numa amostra de edificações, identificando situações de adequação ou não, acertos e erros arquitetônicos. O método desenvolvido **objetiva avaliar preliminarmente a admissão de luz natural no interior das edificações com vistas ao desenvolvimento de tarefas/atividades** sejam elas ler, escrever, estudar, trabalhar ou ainda circular, descansar, estar em algum espaço.

A metodologia para análise da admissão de luz natural no interior de edificações engloba inicialmente o levantamento de dados contextualizadores da edificação ou projeto (plantas, cortes, fachadas, detalhes, vistas internas e externas), possibilitando identificar a situação arquitetônica existente de cada abertura.

De acordo com Bogo (2010), para realizar a análise são necessárias as seguintes informações:

(i) Contextualização: plantas de situação, de implantação, plantas baixas, cortes, fachadas, detalhes, vistas internas e externas, objetivando reconhecer arquitetonicamente a edificação.

(ii) Tipo de recurso/elemento arquitetônico: identificação do elemento arquitetônico adotado para admissão da luz natural e sua orientação solar.

(iii) Uso do ambiente: identificação do uso do ambiente adjacente em relação à adequação ou não de receber luz natural direta no seu interior. Segundo Bogo (2010), o uso do ambiente foi classificado da seguinte maneira:

- De permanência: sem admissão direta de luz natural no interior, pois a mesma provoca problemas como excesso de calor, ofuscamento, degradação dos materiais. Para ambientes íntimos como quartos, salas de estar, entre outros, admiti-se receber luz natural direta nos períodos frios do ano, ou nas horas iniciais da manhã nos demais períodos.
- De circulação: tolera admissão direta de luz natural no interior, minimizando os problemas anteriores. No entanto, deve existir preocupações quanto à quantidade de luz natural direta recebida, não devendo existir mais de **20% da área do teto do ambiente** adjacente com fonte de luz natural, controlando o excesso pela estratégia de redução da área (fonte de luz).

(iv) Admissão da luz: identificação de como ocorre à admissão da luz natural através das superfícies envidraçadas. De acordo com Bogo (2010), a admissão da luz foi classificada da seguinte maneira:

- Transparente: são os vidros, policarbonatos incolores, aonde ocorre à transmissão direta com luz concentrada, ocasionando os seguintes problemas quando não controlada:

a) grande admissão de calor nos períodos quentes, com desconforto térmico interior, aumento exagerado da carga térmica a ser retirada no caso de ar condicionado;

b) ofuscamento com desconforto luminoso e respectivo fechamento de cortinas, persianas internas, blackouts, ocasionado perda dos visuais externos dos envidraçados;

c) degradação de materiais, descoloração, com excesso de admissão de radiação ultravioleta;

- Translúcidas: como ocorre nos vidros, policarbonatos, acrílicos leitosos, foscos, jateados, aonde ocorre transmissão difusa com luz distribuída, minimizando os problemas antes citados.

(v) Estratégias de controle solar: identificação de quais estratégias conceituais foram adotadas visando à admissão de luz natural controlada. Conforme o autor (BOGO, 2010) as estratégias de controle solar podem ser:

- Bloqueio: elementos para reduzir a entrada de radiação solar direta.
- Reflexão: elementos que bloqueiem a radiação solar direta e a redirecionam para interior.

- Filtração: elementos para reduzir a entrada de radiação solar direta.
- Redução da área de admissão de luz: aberturas de dimensões reduzidas visando evitar excesso de luz e calor solar.
- Combinação das anteriores: uso de duas ou mais estratégias em conjunto.

(vi) **Efeitos cênico-luminosos gerados:** identificação dos efeitos existentes, se positivos ou negativos, classificados da seguinte forma: enquadramento de vistas; clareira de luz; contraluz; manchas solares; controle da iluminação natural; ofuscamento; iluminação contrastada; iluminação em fundo de ambiente; iluminação homogênea; iluminação indireta; efeito de matéria; efeito estufa; efeito de transparência; efeito de visualização exterior; insolação direta; proteção solar; iluminação canalizada.”

Como exemplo de aplicação deste método segue Tabela 1 da análise realizada na Biblioteca da FURB – Universidade Regional de Blumenau.

Tabela 1 – Itens analisados no método de admissão de luz natural no interior de edificações.

a) Tipo de recurso/elemento arquitetônico:	cobertura envidraçada, classificada como componente de passagem (abertura) zenital;
b) Uso do ambiente:	circulação;
c) Tipo de envidraçado e a admissão de luz natural:	vidro transparente, luz direta;
d) Estratégias de controle solar:	redução da área de admissão, reduzindo exposição solar;
e) Efeitos cênico-luminosos gerados (+ e -):	clareira de luz (+); insolação direta (-); ofuscamento (-);
AValiação FINAL: Parcial, pois apesar de possuir envidraçado transparente recebendo assim luz direta que causa acúmulo de calor e ofuscamento, este é um ambiente de circulação. Pelo fato de ser espaço de circulação, este acúmulo de calor e ofuscamento, é tolerável. No entanto, contribui para aumento do calor nos ambientes adjacentes.	

(Fonte: BOGO, 2010).

Segundo Bogo (2010) a avaliação realizada com a aplicação da metodologia desenvolvida de forma objetiva e simplificada, organiza as idéias principais quanto aos elementos necessários para análise da admissão de luz natural no interior das edificações, possibilitando uma avaliação preliminar. A aplicação da mesma pode ocorrer com o objetivo de avaliar a situação existente numa edificação, ou orientar o processo de desenvolvimento do projeto de arquitetura, destacando as preocupações que o arquiteto deve levar em conta para o projeto com adequada iluminação natural interior.

Apesar deste método apresentar vários itens que possibilite a análise da iluminação natural é restrito ao interior do edifício, não levando em conta, por exemplo, o entorno e a forma da edificação que interferem diretamente na boa iluminação natural interna.

2.2.3 Diagrama Morfológico

O método Diagrama Morfológico (Instrumento de Análise e Projeto com Uso de Iluminação Natural) foi adaptado ao contexto brasileiro e teve como base o *Morphological Box*, que foi desenvolvido por Baker (1993) cuja intenção era que o instrumento criado servisse de aparato para análise e catalogação de projetos arquitetônicos referenciais.

No entanto, o referido método foi adaptado às questões climáticas brasileiras, e, além disso, foi reformulado e ampliado. A análise foi ampliada, pois abarcou não só as questões referentes à iluminação natural abordadas por Baker em seu *Morphological Box*, mas também outros quesitos ambientais como integração com a luz artificial e controles (AMORIM, 2007).

A utilização do Diagrama Morfológico para **análise de projetos exemplares** do ponto de vista de conforto ambiental e iluminação natural **tem como principal objetivo a composição de um repertório de tipologias arquitetônicas** e pode ser utilizado nas fases iniciais do projeto ou em um projeto onde finalizado, a fim de constatar eventuais aspectos que ainda podem ser otimizados (AMORIM, 2007).

De acordo com Amorim (2007) se o método em questão for utilizado para analisar um projeto já finalizado, o projetista terá oportunidade de perceber por meio do relatório final da análise em quais

aspectos e elementos o projeto deve ser adaptado/modificado, para se obter melhorias na qualidade do conforto ambiental e iluminação natural.

Ainda segundo a autora (AMORIM, 2007), Diagrama Morfológico também pode ser utilizado como um checklist para auxiliar o projetista na elaboração do projeto auxiliando que o mesmo não se esqueça de parâmetros/elementos importantes que devem ser observados e analisados para se obter projetos adequados no quesito conforto ambiental e iluminação natural.

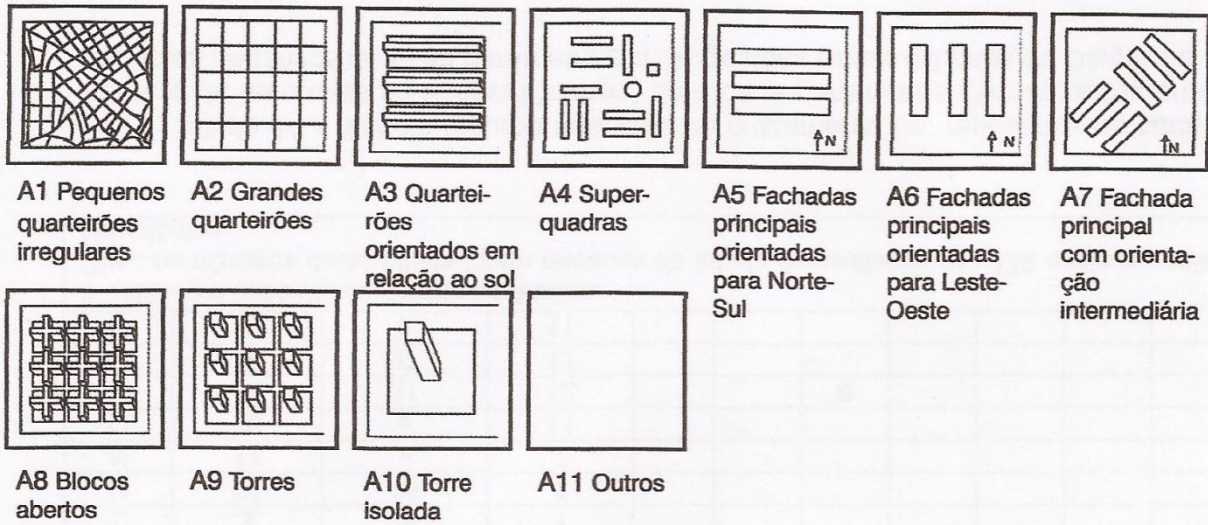
O referido método é estruturado de forma a seguir uma sequência de análise que parte do macro (escala de desenho urbano) para o micro (espaço interno da edificação). No total, apresenta três níveis de análise com 17 parâmetros e 102 variáveis.

Assim, para realizar uma análise com o referido método, primeiramente são inseridos os dados sobre a localização, clima e projeto, para na sequência dar início às análises relativas às variáveis de cada um dos três parâmetros que compõe os três níveis de análise do Diagrama Morfológico.

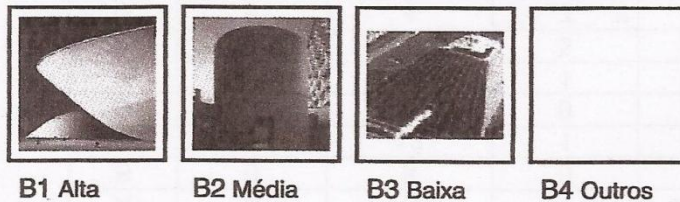
Dessa maneira, as três imagens a seguir apresentam a estrutura do referido método separadamente por níveis (Nível I - Espaço Urbano, Nível II – Edifício e Nível III – Ambiente).

- A Figura 6 apresenta os Parâmetros do Nível I – Espaço Urbano: A (Desenho Urbano), B (Refletância das Fachadas), C (Especularidade da Fachada) e D (Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada).
- A Figura 7 apresenta os Parâmetros do Nível II – Edifício: E (Planta Baixa e Forma), F (Taxa de Abertura nas Fachadas), G (Distribuição das Aberturas nas Fachadas), H (Proteções Solares nas Fachadas), I (Aberturas Zenitais), J (Mecanismos de Ventilação Natural).
- A Figura 8 apresenta os Parâmetros do Nível III – Ambiente Interno: L (Planta Baixa), M (Posição do Coletor de Luz), N (Dimensão do Coletor de Luz), O (Forma do Coletor de Luz), P (Controle da Entrada de Luz), Q (Controle da Ventilação Natural), R (Controle e Integração da Iluminação Artificial).

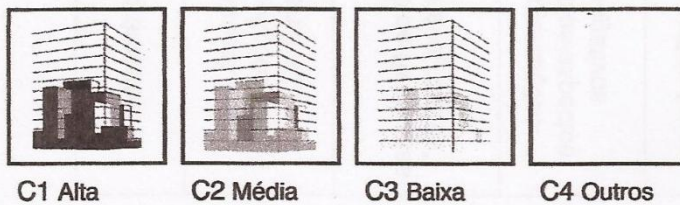
A - Desenho Urbano



B - Refletância das Fachadas



C - Especificidade das Fachadas



D - Ângulo máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício

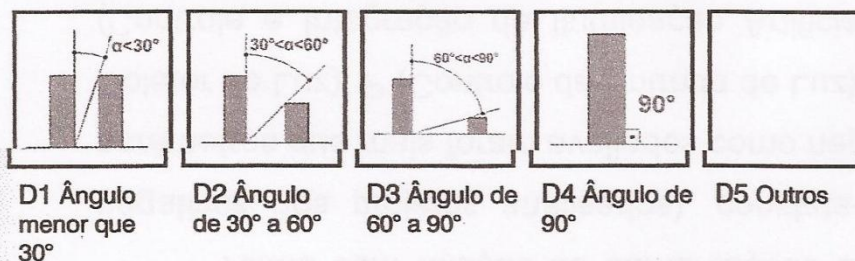
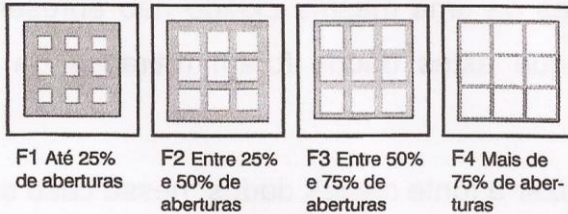


Figura 6 – Parâmetros do Nível I – Espaço Urbano do Diagrama Morfológico (AMORIM, 2007).

E - Forma e Planta Baixa



F - Taxa de abertura nas Fachadas



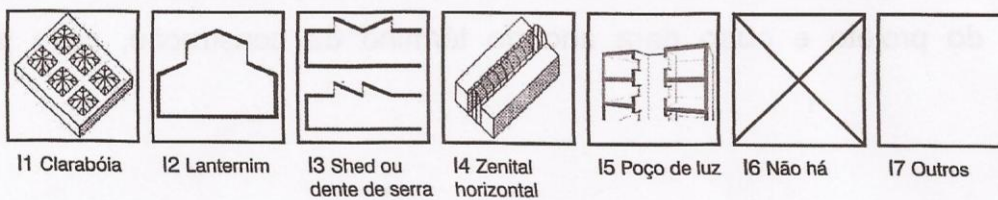
G - Distribuição das aberturas nas Fachadas



H - Proteções Solares nas Fachadas



I - Aberturas Zenitais

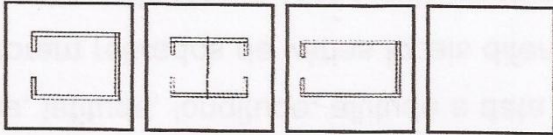


J - Mecanismo de Ventilação



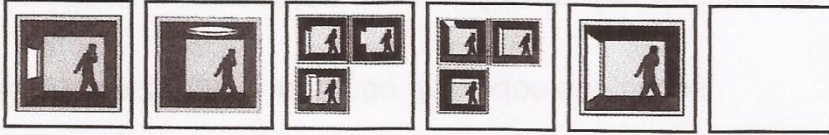
Figura 7 – Parâmetros do Nível II - Edifício do Diagrama Morfológico (AMORIM, 2007).

L - Planta Baixa



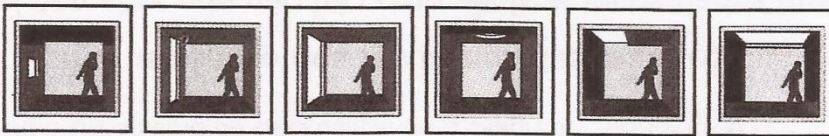
L1 Unilateral L2 Bilateral L3 Ambiente profundo L4 Outros

M - Posição do Coletor de Luz



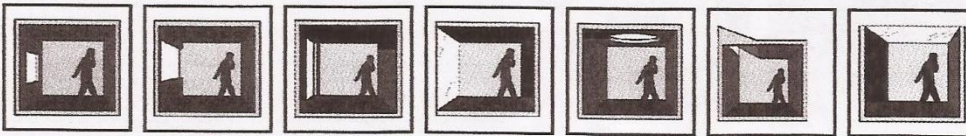
M1 Centro do plano lateral M2 Centro do plano zenital M3 Entre planos M4 Ao longo do canto entre planos M5 Parede Aberta M6 Outros

N - Dimensão do Coletor de Luz



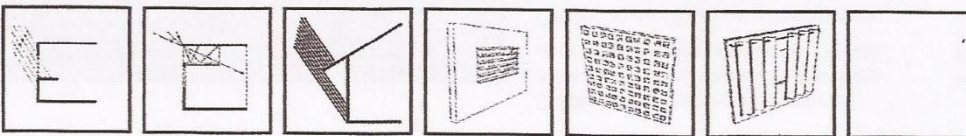
N1 Abertura lateral até 15% N2 Abertura lateral de 15% até 30% N3 Abertura lateral acima de 30% N4 Abertura zenital até 15% N5 Abertura zenital de 15% a 30% N6 Abertura zenital acima de 30%

O - Posição do Coletor de Luz



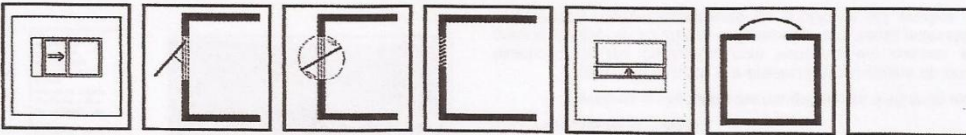
O1 Janela intermediária O2 Janela horizontal O3 Janela vertical O4 Cortina de vidro O5 Abertura zenital horizontal O6 Abertura zenital vertical O7 Teto envidraçado

P - Controle da Entrada de Luz



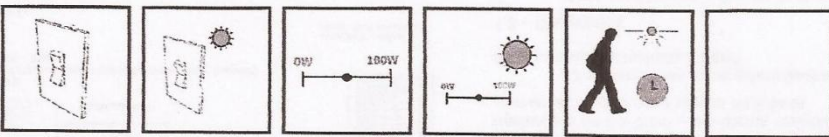
P1 Peitoris P2 Prateleiras de luz P3 Beirais ou toldos P4 Brises P5 Cobogós P6 Cortina, película ou vidro especial P7 Outros

Q - Controle da Ventilação Natural



Q1 Janela de correr Q2 Janela máximo ar ou basculante Q3 Janela pivotante Q4 Aberturas com lamelas Q5 Guillhotina Q6 Abertura no teto Q7 Outros

R - Controle e Integração da Iluminação Artificial



R1 On/off manual R2 On/off com sensor R3 Dimming manual R4 Dimming com sensor R5 Sensor de presença ou temporizador R6 Outros

Figura 8 – Parâmetros do Nível III - Ambiente do Diagrama Morfológico (AMORIM, 2007).

Para Amorim (2007):

“a conjugação destes três níveis demonstra a relação entre o contexto climático; aproveitamento da luz natural; interação com a luz artificial e controles, entre outros”.

Um resumo dos níveis, parâmetros e variáveis que compõe o Diagrama Morfológico é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Tabela resumo dos níveis, parâmetros e variáveis do Diagrama Morfológico.

NÍVEL	PARÂMETROS	VARIÁVEIS
I Espaço Urbano	A – Desenho Urbano	A1 – Pequenos quarteirões irregulares; A2 – Grandes Quarteirões; A3 – Quarteirões orientados em relação ao sol; A4 – Superquadras; A5 – Fachadas principais orientadas para Norte/Sul; A6 – Fachadas principais orientadas para Leste/Oeste; A7 – Fachada principal com orientação intermediária; A8 - Blocos abertos; A9 – Torre; A10 – Torre isolada; A 11 – Outros.
	B – Refletância das Fachadas	B1 – Alta; B2 – Média; B3 – Baixa; B4 – Outros.
	C – Especularidade das Fachadas	C1 – Alta; C2 – Média; C3 – Baixa; C4 – Outros.
	D – Ângulo Máximo do sol na base do edifício	D1 – Ângulo menor que 30º; D2 – Ângulo de 30º a 60º; D3 – Ângulo de 60º a 90º; D4 - Ângulo de 90º; D5 – Outros.
II Edifício	E – Forma e Planta Baixa	E1 – Edifício com planta profunda; E2 – Edifício térreo; E3 – Blocos unilaterais/bilaterais; E4 – Edifício com pátio interno ou átrio; E5 – Edifício sobre pilotis; E6 – Edifício com pele dupla; E7 – Outros.
	F – Taxa de Abertura nas Fachadas	F1 - Até 25% de aberturas; F2 – Entre 25% e 50% de aberturas; F3 – Entre 50% e 75% de aberturas; F4 –Mais de 75% de aberturas.
	G – Distribuição das Aberturas nas Fachadas	G1 – Fachadas uniformes; G2 – Fachadas não uniformes – com relação à orientação solar; G3 – Fachadas não uniformes – com relação ao espaço urbano; G4 – Outros.
	H – Proteções Solares nas Fachadas	H1 – Pórticos e varandas; H2 – Brise-soleil; H3 – Cobogós; H4 –Beirais e marquises; H5 – Pergolados; H6 – Vegetação; H7 – Outros.
	I – Aberturas Zenitais	I1 – Clarabóia; I2 – Lanternim; I3 – Shed ou dente de serra; I4 – Zenital Horizontal; I5 – Poço de luz; I6 – Não há; I7 – Outros.
	J – Mecanismo de ventilação	J1 – Cruzada; J2 – Cruzada adjacente; J3 – Efeito chaminé; J4 – Abertura única; J5 – Não há; J6 –Outros.
III Ambiente	L – Planta Baixa	L1 – Unilateral; L2 – Bilateral; L3 – Ambiente profundo; L4 – Outros.
	M- Posição do Coletor de Luz	M1 – Centro do plano lateral; M2 – Centro do plano zenital; M3 – Entre planos; M4 – Ao longo do canto entre planos; M5 – Parede Aberta; M6 – Outros.
	N- Dimensão do Coletor de Luz	N1 – Abertura lateral de até 15%; N2 – Abertura lateral de 15% a 30%; N3 – Abertura lateral de acima de 30%; N4 – Abertura zenital de até 15%; N5 – Abertura zenital de 15% a 30%; N6 - Abertura zenital acima de 30%.
	O – Forma do Coletor de Luz	O1 – Janela intermediária; O2 – Janela horizontal; O3 – Janela vertical; O4 – Cortina de vidro; O5 – Abertura zenital horizontal; O6 - Abertura zenital vertical; O7 - Teto envidraçado.
	P – Controle de Entrada de Luz	P1 – Peitoris; P2 - Prateleiras de luz; P3 - Beirais ou Toldos; P4 – Brises; P5 – Cobogós; P6 – Cortina, película ou vidro especial; P7 – Outros.
	Q – Controle da Ventilação Natural	Q1 – Janela de correr; Q2 – Janela máximo ar ou basculante; Q3 – Janela pivotante; Q4 – Aberturas com lamelas; Q5 – Guilhotina; Q6 – Abertura no teto; Q7 – Outros.
	R – Controle e Integração da Iluminação Artificial	R1 – On/off manual; R2 – On/off com sensor; R3 - Dimming manual; R4 – Dimming com sensor; R5 – Sensor de presença ou temporizador; R6 – Outros.

(Fonte: AMORIM, 2007).

2.2.4 Comparação entre os três métodos apresentados

Com o intuito de verificar detalhadamente quais são os quesitos analisados em cada um dos três métodos apresentados anteriormente, elaborou-se a Tabela 3 - Tabela comparativa dos métodos de análise e projeto com foco em conforto ambiental e/ou iluminação natural. Nela, foi realizado um estudo comparativo entre os três métodos para avaliar qual possuía uma avaliação mais completa e que poderia contribuir de maneira significativa com o projeto.

Tabela 3 – Tabela comparativa dos métodos de análise e projeto com foco em conforto ambiental e/ou iluminação natural.

TABELA COMPARATIVA DOS MÉTODOS DE ANÁLISE E PROJETO COM FOCO EM CONFORTO AMBIENTAL E/OU ILUMINAÇÃO NATURAL									
Aspectos avaliados		MÉTODOS AVALIADOS			Aspectos avaliados		MÉTODOS AVALIADOS		
		Método 1	Método 2	Método 3			Método 1	Método 2	Método 3
Dados referentes a clima	Temperatura média	●		●	Dados referentes ao edifício	Planta baixa e forma da edificação			●
	Temperatura mensal (máxima)	●		●		Taxa de abertura nas fachadas			●
	Temperatura mensal (mínima)	●		●		Distribuição das aberturas nas fachadas			●
	Horas de insolação			●		Proteções solares nas fachadas			●
	Umidade relativa	●				Aberturas zenitais			●
	Pluviosidade	●				Mecanismos de ventilação natural			●
	Ventos (direção)	●		●		Dados referentes ao ambiente analisado	Tipo de recurso/elemento arquitetônico		●
	Tipo de clima			●	Uso do ambiente interno			●	●
	Latitude	●		●	Tipo de envidraçado			●	
	Longitude	●		●	Admissão de luz natural			●	
	Altitude	●		●	Estratégias de controle solar			●	●
	Carta Solar			●	Efeitos cênico-luminosos			●	
					Planta baixa do ambiente analisado				●
	Espaço Urbano	Desenho Urbano			●	Posição do coletor de luz			●
Refletância das fachadas (do entorno)				●	Dimensão do coletor de luz			●	
Especularidade das fachadas (do entorno)				●	Forma do coletor de luz			●	
Ângulo máximo de incidência de sol na fachada				●	Controle da entrada de luz			●	
Plantas, cortes, fachadas, foto	Imagem de localização			●	Controle da ventilação natural			●	
	Plantas			●	Controle e integração da iluminação artificial			●	
	Cortes			●					
Fachadas	Fachadas			●					
	Fotos da edificação (caso seja construída)		●	●					
Recomendações para projeto	Recomendações para traçado	●			Legenda				
	Recomendações para espaçamento	●			Método 1 - QUADROS DE MAHONEY				
	Recomendações para movimento do ar	●			Método 2 - ADMISSÃO DE LUZ NATURAL EM EDIFICAÇÕES				
	Recomendações para paredes	●			Método 3 - DIAGRAMA MORFOLÓGICO				
	Recomendações para telhados	●							
	Recomendações para dormir ao ar livre	●							
	Recomendações para proteção contra chuva	●							

Conforme apresentado na Tabela 3, dos métodos analisados, dois analisam de maneira mais direta a iluminação natural no projeto - o método elaborado por Bogo (2010) e o elaborado por Amorim (2007).

Ainda segundo a Tabela 3, o Método 1 – Quadros de Mahoney avalia os seguintes aspectos:

- Dados Referentes ao Clima: Temperatura média, Temperatura mensal (máxima), Temperatura mensal (mínima), Umidade relativa, Pluviosidade, Ventos (direção), Latitude, Longitude e Altitude.
- Recomendações para projeto: recomendações para traçado, espaçamento, movimento do ar, paredes, telhados, dormir ao ar livre, proteção contra chuva.

No entanto, esse método não apresenta análise referente aos seguintes aspectos: **espaço urbano** (Refletância das fachadas do entorno, Especularidade das fachadas do entorno e Ângulo máximo de incidência de sol na fachada), não avalia **plantas, cortes, fachadas, fotos, dados referentes ao edifício** como Planta baixa e forma da edificação, Taxa de abertura nas fachadas, Distribuição das aberturas nas fachadas, Proteções solares nas fachadas, Aberturas zenitais e Mecanismos de ventilação natural. Além disso não avalia dados referentes **ao ambiente analisado** como Tipo de recurso/elemento arquitetônico, Estratégias de controle solar, Planta baixa do ambiente analisado, Posição do coletor de luz, Dimensão do coletor de luz, Forma do coletor de luz, Controle da entrada de luz, Controle da ventilação natural e

Controle e integração da iluminação artificial, Tipo de envidraçado, Admissão de luz natural e Efeitos cênico-luminosos.

De acordo com a Tabela 3, o Método 2 - Admissão de Luz Natural em Edificações avalia os seguintes aspectos:

- Fotos da edificação (caso seja construída) e;
- Dados referentes ao ambiente analisado (Tipo de recurso/elemento arquitetônico, Uso do ambiente interno, Tipo de envidraçado, Admissão de luz natural, Estratégias de controle solar e Efeitos cênico-luminosos).

Porém, o referido método não faz análise referente aos seguintes aspectos: ao clima (Temperatura média, Temperatura mensal - máxima, Temperatura mensal - mínima, Horas de insolação, Ventos - direção, Tipo de Clima, Latitude, Longitude, Altitude e Carta Solar da localidade onde está/ou é inserido o projeto, umidade, pluviosidade), ao espaço urbano (Refletância das fachadas do entorno, Especularidade das fachadas do entorno e Ângulo máximo de incidência de sol na fachada), plantas, cortes, fachadas. Além disso não apresenta recomendações para projeto e não analisa o edifício (Planta baixa e forma da edificação, Taxa de abertura nas fachadas, Distribuição das aberturas nas fachadas, Proteções solares nas fachadas, Aberturas zenitais e Mecanismos de ventilação natural).

A Tabela 3 demonstra que o Método 3 – Diagrama Morfológico avalia os seguintes aspectos:

- Dados referentes ao clima: Temperatura média, Temperatura mensal (máxima), Temperatura mensal (mínima), Horas de insolação, Ventos (direção), Tipo de Clima, Latitude, Longitude, Altitude e Carta Solar da localidade onde está/ou será inserido o projeto.
- Espaço Urbano: Desenho Urbano, Refletância das fachadas (do entorno), Especularidade das fachadas (do entorno) e Ângulo máximo de incidência de sol na fachada.
- Plantas, cortes, fachadas, fotos e imagem de localização.
- Dados referentes ao edifício: Planta baixa e forma da edificação, Taxa de abertura nas fachadas, Distribuição das aberturas nas fachadas, Proteções solares nas fachadas, Aberturas zenitais e Mecanismos de ventilação natural.
- Dados referentes ao ambiente analisado: Tipo de recurso/elemento arquitetônico, Estratégias de controle solar, Planta baixa do ambiente analisado, Posição do coletor de luz, Dimensão do coletor de luz, Forma do coletor de luz, Controle da entrada de luz, Controle da ventilação natural e Controle e integração da iluminação artificial.

O Diagrama Morfológico não apresenta recomendações para o projeto, não analisa a umidade, pluviosidade, que o Método 1 – Quadro de Mahoney avalia. Com relação aos dados referentes ao ambiente analisado este método não avalia o tipo de envidraçado, a admissão de luz natural e os efeitos cênico-luminosos que o Método 2 - Admissão de Luz Natural em Edificações avalia.

No entanto, como pode ser observado na Tabela 3, o método que apresenta maior número de variáveis e abrange maior possibilidade de avaliação é o método denominado Diagrama Morfológico – Instrumento de Análise e Projeto Ambiental com Uso de Iluminação Natural (AMORIM, 2007).

Em uma breve avaliação dos três métodos, observa-se que o método de análise elaborado por Amorim (2007) é o que possibilita uma análise mais completa, rápida, objetiva e simplificada de projetos construídos ou não, podendo ser utilizado para orientar o processo de desenvolvimento do projeto de arquitetura, enfatizando os itens relevantes que levam em consideração o conforto ambiental e iluminação natural. Além disso, o referido método possibilita maior contextualização ao quadro climático de cada local, o que afeta de maneira direta o bom aproveitamento da luz natural e consequentemente o conforto ambiental.

Por esses motivos, o objeto de estudo escolhido para desenvolvimento desta dissertação é o método Diagrama Morfológico – Instrumento de Análise e Projeto Ambiental com Uso de Iluminação Natural (AMORIM, 2007).

Assim, com o intuito de deixar claro como esta dissertação pretende contribuir e validar o método em questão, é importante entender o conceito das palavras que compõem o termo: **“Diagrama Morfológico”**.

Segundo o Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa, a palavra **diagrama** significa **representação gráfica de determinado fenômeno**. O termo **morfológico** é o adjetivo de morfologia que significa **descrição da forma** (FERREIRA, 1993).

Para Barki (2009. p.01) os diagramas são:

“recursos gráficos com uma natureza que se poderia chamar de “científica”, usados em muitos campos do conhecimento fora da arquitetura. Um diagrama realiza – através de gráficos, esquemas, tabelas, desenhos, figuras, ícones, símbolos ou padrões – a representação abstrata de aspectos específicos e particulares de uma situação ou a relação entre dados de um problema”.

E ainda, os diagramas podem ser entendidos como um conjunto de informações simplificadas por meio de desenhos, como um recurso gráfico que simplifica e reduz a forma e uma maneira de produzir informações de forma limpa e pura (BARKI, 2009).

Com relação à metodologia de ensino, Barki (2009. p.3) afirma ainda, que o diagrama facilita a compreensão e a memorização de conceitos difíceis e ressalta que existem dois aspectos relevantes para a interpretação de um diagrama: sua sintaxe lógica (relações formais claras) e seu padrão visual.

É com a mesma lógica apresentada por Barki (2009. p.3) que pretende-se contribuir com o método apresentado, tornando-o ainda mais objetivo, informativo e simplificado por meio dos desenhos e informações a serem inseridas em sua estrutura. Além disso, pretende-se facilitar a compreensão e a memorização de conceitos difíceis relacionados a conforto ambiental e iluminação natural que muitas vezes passam despercebidos na elaboração de projetos ou em análises de projetos existentes.

2.2.5 Outros Métodos relacionados ao tema

Apresentam-se aqui métodos complementares relacionados ao tema.

a) Medições de iluminação *in loco*

Segundo Amorim (2010) a medição de iluminação *in loco* é um método utilizado para identificar condições de conforto luminoso de um ambiente interno ou externo. Esse método exige tempo disponível, instrumentação e procedimentos específicos.

Para realizar as medições *in loco* podem ser utilizados alguns instrumentos como:

1 – Luxímetro: aparelho que mede a iluminância², ou seja, a quantidade de luz incidente numa determinada superfície;

2 – Luminômetro: aparelho que mede luminâncias³ (cd/m²), identificando possíveis fontes de ofuscamento;

3 - Fotocélulas conectadas a *data-loggers*: aparelhos que fazem medições em intervalos programados e as armazenam em arquivo digital que pode ser descarregado no computador; normalmente é utilizado quando se deseja medir as condições de iluminação durante um maior intervalo de tempo.

² Iluminância é a luz incidente não visível. Também chamada de aclaramento, nível de iluminação ou nível de iluminamento, é a grandeza fotométrica mais importante da iluminação. É a densidade do fluxo luminoso recebido por uma superfície (VIANNA E GONÇALVES, 2001).

³ Luminância é a sensação de luminosidade decorrente da reflexão dos raios por uma superfície. É a luz refletida, visível (ABNT, 2005 a, p.21).

A Norma 15.215 (ABNT, 2005c) especifica procedimentos para se realizar esse tipo de medição:

“Em ambientes de trabalho ou estar, as medições devem ser realizadas na altura do plano de trabalho. Em ambientes de circulações, no nível do piso. Deve-se medir a iluminância externa no início e no final de cada medição e anotar o tipo de céu (claro, encoberto ou semi-encoberto). Quem utilizar os luxímetros não deve usar roupas brancas e nem pretas. O aparelho deve ser posicionado a uns 30 cm do corpo e longe de obstruções. O sensor deve ser mantido paralelo ou apoiado sobre a superfície a ser avaliada” (ABNT, 2005c).

O resultado das medições de iluminação *in loco* pode dar uma idéia das condições de conforto luminoso de um ambiente.

b) Regulamento Técnico de Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C)

Em 2005, no âmbito do PROCEL, foi criada a Secretaria Técnica de Edificações – ST Edificações, que em parceria com o Inmetro desenvolveu e publicou em 2009 o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ -C (BRASIL, 2009) e seus documentos complementares. E em setembro de 2010 foi publicado o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais⁴ (BRASIL, 2010).

O RTQ-C avalia a eficiência energética parcial da envoltória, da iluminação e do condicionamento de ar. Pode ser aplicado em qualquer edificação comercial, de serviço ou pública, condicionada, parcialmente condicionada ou não-condicionada, com área total útil mínima de 500m² e/ou com tensão de abastecimento superior ou igual à 2,3 kV. Dois são os métodos que poderão ser utilizados: o prescritivo e a simulação (BRASIL, 2009).

Os itens avaliados pelo RTQ-C em um projeto são: tamanho das aberturas, fator solar dos vidros, forma e compacidade da planta, altura da edificação, dentre outros.

A envoltória da edificação é o requisito do RTQ-C que apresenta maior relação com o projeto de arquitetura e com os aspectos de iluminação natural.

Nesse sentido, Carlo (2008) afirma que:

“As características do envoltório que podem aumentar ou minimizar os ganhos de calor são as cores, as propriedades térmicas de materiais e componentes como vidros, paredes e coberturas, e a exposição ao ambiente externo, como a ausência de sombreamento ou o contato de grandes superfícies do edifício com o exterior. As características do envoltório são, em geral, comuns em todas as análises sobre eficiência energética de edificações, com pequenas variações de um estudo para outro”.

No entanto, estas características também estão diretamente ligadas à iluminação natural interna e externa de uma edificação.

c) Simulações computacionais

As simulações computacionais podem ser utilizadas para analisar várias situações, dentre elas, possibilitar avaliações relativas a conforto ambiental (luz natural, conforto térmico, ventilação e acústica) em projetos arquitetônicos ou urbanísticos.

Dessa maneira, Reinhart (2010) define simulação de iluminação natural como:

“um cálculo computacional que objetiva prever a quantidade de luz natural disponível em um edifício sob uma condição de céu selecionada. As referidas simulações calculam quantidades físicas como luminâncias ou iluminâncias em determinada localização do ambiente. Os resultados dessas simulações podem ser apresentados tanto em forma de números individuais como em visualização de uma cena ou como mapas coloridos equalizados”.

⁴ O RTQ-R, apresenta os critérios para classificação completa do nível de eficiência energética do edifício residencial através de classificações parciais da envoltória (que inclui a iluminação natural e ventilação natural), e o sistema de aquecimento de água (BRASIL, 2010).

Quanto às simulações computacionais de iluminação natural, Amorim (2007) afirma que:

“Nas últimas décadas, foram desenvolvidos alguns instrumentos para avaliação de ambientes construídos. Destacam-se aqui os softwares de simulação que avaliam o comportamento da luz, que apesar de limitações, permitem aos engenheiros e arquitetos analisar fenômenos complexos. Anos atrás, essas análises eram possíveis apenas por meio de cálculos ou construção de protótipos e medições *in loco*, dificultando a elaboração das pesquisas”.

As simulações podem ser estáticas (em datas fixas) ou dinâmicas que consideram todas as horas do ano. O Daysim é um dos *softwares* de simulação dinâmica que calcula os perfis de iluminância e luminância anual e os apresenta em forma de métricas dinâmicas do desempenho da luz natural (CINTRA, 2011). Além deste *software*, existe outros como o RADIANCE e ECOTECH.

De acordo com a sequência de procedimento projetual proposta por Lamberts (1998, p.172) as simulações computacionais devem ser realizadas posteriormente a avaliação de desempenho (térmico, lumínico e outros), dessa maneira, o projetista tem a possibilidade de retornar ao anteprojeto para adequar aspectos que não foram bem resolvidos.

O Diagrama Morfológico é um método que antecede as simulações. A proposta é que ele seja utilizado logo após a finalização do anteprojeto. Além disso, ele também apresenta possibilidade de retorno ao anteprojeto pelo projetista para adequar aspectos que não foram bem resolvidos, no entanto, este método demanda menos tempo para realização de análises e pode antecipar a manifestação de pontos mal resolvidos no projeto.

Porém, é importante esclarecer que estes métodos de análise apresentados aqui (RTQ-C, Simulações computacionais, medições de iluminação *in loco*) são bem diferentes do método que está sendo trabalhado e que se pretende aprimorar e validar nesta dissertação – Diagrama Morfológico. Na verdade, eles podem ser complementares, mas nenhum substitui o outro. As simulações computacionais dão respostas quantitativas a alguns parâmetros do projeto, enquanto que o Diagrama Morfológico cumpre o papel de um *checklist* e auxilia o projetista a observar vários parâmetros em níveis diferenciados (Espaço Urbano, Edifício e Ambiente Interno) que devem ser percorridos para obter um projeto que atenda às condições mínimas de conforto ambiental e conseqüentemente de iluminação natural.

2.3 Iluminação Natural

A iluminação natural é aquela que se obtém com a luz do dia e sua eficiência depende de alguns fatores como a iluminação da abóboda celeste, o ângulo de incidência da luz, a cor empregada no ambiente, à cor e a natureza dos vidros por onde penetra a luz (NETO, 1980, p.41).

Hopkinson (1966, p.09) afirma que à medida que o homem aprende a utilizar a iluminação artificial que o liberta de uma dependência total da iluminação natural, vai igualmente aprendendo a apreciar o valor da iluminação natural e a tomar consciência das suas vantagens particulares.

A iluminação natural proporciona algumas vantagens para a saúde e necessidades humanas. Sabe-se que ela interfere positivamente em alguns pontos: o bem estar dos indivíduos, causa menor cansaço para a vista, melhor produtividade em espaços de trabalho, estimula a glândula pineal a encerrar a produção de melatonina⁵, redução do estresse, proporciona melhor funcionamento do relógio biológico do ser humano, higienização de ambientes (radiação ultravioleta tem ação germicida e bactericida), proporciona a síntese de vitamina D, permite a visão da cor em seu exato valor, pode ser uma alternativa para diminuir ou aumentar a carga térmica interna (a depender da necessidade), utilização para funções estéticas no ambiente interno dentre outras (LAMBERTS, 1998, p. 49) (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

⁵ A melatonina é um neuro-hormônio produzido pela glândula pineal (um órgão do tamanho de uma ervilha localizado na base do cérebro) e tem como principal função regular o sono (VIANNA E GONÇALVES, 2001).

Uma iluminação inadequada pode gerar vários problemas ao ser humano, dentre eles, desconforto, fadiga visual, letargia, dor de cabeça, ofuscamento⁶, dificuldade de concentração, redução da eficiência visual, redução de eficiência e estímulo no trabalho, acidentes e até mesmo a Síndrome do Prédio Doente⁷ (VIANNA E GONÇALVES, 2001).

Um dos inconvenientes desse tipo de iluminação é a grande variação da luz do dia, que chega a alcançar de 100 a 200% no decorrer de poucos minutos, principalmente quando o céu está encoberto ou com nuvens passageiras (NETO, 1980, p.41).

A iluminação natural chega até o interior dos ambientes pelas aberturas das edificações, que a depender de sua posição pode ser classificada em iluminação lateral (a luz penetra pelas aberturas existentes nas paredes da edificação) e iluminação zenital (a luz penetra pelo alto, através de superfícies iluminantes na cobertura). Maiores detalhes sobre estes aspectos são abordados nos itens 2.3.9 – Aberturas Zenitais, 2.3.10 – Posição do Coletor de Luz e 2.3.11 – Dimensão do Coletor de Luz.

Segundo Givoni (1976) a radiação solar é uma radiação eletromagnética⁸, e é composta pela radiação visível denominada luz, ultravioleta e infravermelha. A NBR 5461 (ABNT, 1991) define a radiação visível como a radiação óptica capaz de produzir diretamente uma sensação visual. Corbella (2003, p.237) esclarece que a pequena parcela de energia que é percebida pelo olho humano e denominada luz está compreendida na faixa de comprimento de onda entre 380 e 780 nanômetros (Figura 9). A radiação ultravioleta é a radiação óptica cujos comprimentos de onda são menores do que aqueles da radiação visível (se divide em UV-A, UV-B e UV-C), já a radiação infravermelha é aquela cujos comprimentos de onda são maiores do que a radiação visível (ABNT, 1991).

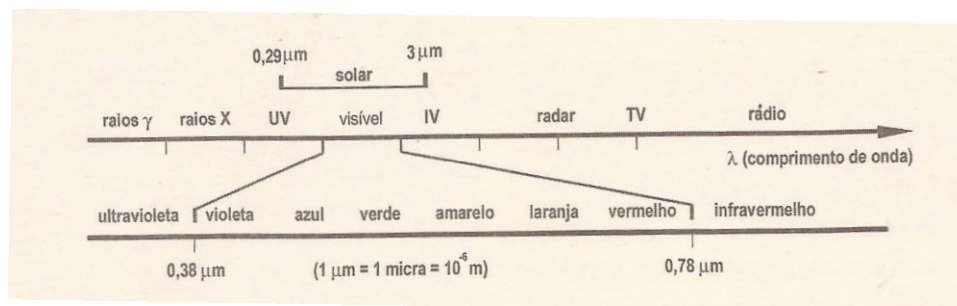


Figura 9 - Espectro eletromagnético (CORBELLA, 2003, p.237).

A radiação solar chega à superfície terrestre de maneira direta e difusa. A radiação solar direta é a parcela de radiação que atinge diretamente a Terra. Ela é a principal influente nos ganhos térmicos da edificação, é a fonte de luz mais intensa. Já a radiação difusa é a parte da radiação global incidente na atmosfera que sofre um espalhamento, tendo sua direção alterada. Quanto mais nublado for o céu maior será a parcela de luz difusa (LAMBERTS, 1998, p. 30).

Com relação a este tipo de luz Bogó (2007, p. 42) afirma que:

“A luz natural difusa é a mais desejada, com menores possibilidades de ocorrerem problemas de ofuscamento, menor ganho de calor para o ambiente interno, sendo uma luz homogênea, com melhor distribuição do que a luz solar direta inadequada para as atividades de trabalho nos ambientes internos”.

⁶ Ofuscamento é a condição de visão na qual há desconforto ou redução da capacidade de distinguir detalhes ou objetos, devidos a uma distribuição desfavorável das luminâncias, ou a contraste excessivo (ABNT 5461, p.13).

⁷ Síndrome do Prédio Doente (SBS – Sick Building Syndrome), que faz com que pelo menos 20% de seus ocupantes apresente os seguintes sintomas: letargia; dificuldade de concentração; coceira nos olhos; nariz entupido ou escorrendo e outros problemas respiratórios. Normalmente, estes sintomas desaparecem quando se vai embora do edifício (VIANNA E GONÇALVES, 2001).

⁸ A radiação eletromagnética é uma emissão ou transporte de energia sob forma de ondas eletromagnéticas (ABNT, 1991).

Por esse motivo, o primeiro passo para desenvolver um projeto com boas condições de iluminação natural é conhecer a disponibilidade de luz⁹ proporcionada por estas fontes (ABNT, 2005 a).

São vários os fatores que influem na disponibilidade da luz natural, tais como os dados relativos à posição do sol, as épocas da determinação (como o dia e o mês do ano), latitude e longitude geográficas e tipo do céu (ABNT, 2005 a).

Com relação ao tipo de céu, no Brasil, a NBR 15.215 (ABNT, 2005 a) adotou em sua normatização para Procedimentos de Cálculo para a Estimativa da Disponibilidade de Luz Natural, três tipos de céu, que foram assim definidos:

“Céu claro - inexistência de nuvens ou baixa nebulosidade. É mais brilhante em torno do sol e próximo ao horizonte. A parte mais escura estará a 90º em relação ao sol. É caracteristicamente azul devido à existência de pequenas partículas de água em suspensão, fazendo com que apenas os menores comprimentos de onda (porção azul do espectro) venham em direção à superfície da Terra. A luminância¹⁰ de qualquer ponto na abóbada é relacionada à luminância do zênite e à altura solar;

Céu encoberto - a superfície da abóbada celeste é completamente preenchida por nuvens. Grandes partículas de água em suspensão na atmosfera refletem e refratam a luz direta do sol, para todos os comprimentos de onda. O céu é tipicamente cinza-claro, e a luminância da porção em torno do zênite é três vezes maior que da área próxima à linha do horizonte. A luminância de qualquer ponto na abóbada é relacionada à luminância do zênite;

Céu parcialmente encoberto - condição de céu intermediária entre céu claro e céu encoberto na qual a luminância em qualquer ponto da abóbada celeste é definida em função do posicionamento do sol no céu (altura solar). O sol e sua auréola ao redor não são considerados na distribuição de luminâncias. Análises da iluminação natural sob condições de céus parcialmente encobertos dependem do azimute, altura e declinação solar”.

Ainda segundo essa norma (ABNT, 2005 a), para a caracterização das condições do céu, é utilizado o método da cobertura do céu preconizado pela NOAA (EUA), sendo que a cobertura é estimada visualmente pela observação do montante de cobertura de nuvens. Esta cobertura de nuvens é estimada em percentual e expressa numa escala de 0 a 100%. Assim, esta norma apresenta as características das condições desses três tipos de céu: céu claro (0% a 35% de cobertura de nuvens); céu parcial (35% a 75% de cobertura de nuvens) e céu encoberto (75% a 100% de cobertura de nuvens).

De acordo com Vianna e Gonçalves (2001, p.130) a luz natural de ambientes internos é proveniente de aberturas e depende da somatória das contribuições de três variáveis, a saber:

“Da quantidade de luz proveniente da abóbada celeste (C.C. – componente celeste). Esta componente depende da latitude do lugar, da época do ano, da hora do dia, da orientação da fachada que contém abertura, do tipo de céu e da área de céu visualizada por um determinado ponto em questão.

Da quantidade de luz proveniente das reflexões de obstruções externas (C.R.E. – componente de reflexão externa). Esta componente depende do tamanho, posição e distância da obstrução e de sua capacidade de reflexão da luz dada por sua (s) cor (es) e textura (s).

Da quantidade de luz proveniente das reflexões das superfícies internas (C.R.I - componente de reflexão interna). Esta componente depende das áreas das superfícies internas com suas respectivas cores e texturas, sendo o teto a principal superfície de reflexão e o piso a menos significativa, por suas posições relativas ao plano de trabalho ou de interesse” (VIANNA e GONÇALVES, 2001, p.130).

Mascaró (1991) alerta que quando se trabalha com a questão da iluminação natural, a fonte de luz diurna considerada é a da abóbada celeste, devendo ser excluída a luz solar direta sobre os locais de trabalho.

⁹ A disponibilidade de luz natural é a quantidade de luz em um determinado local, em função de suas características geográficas e climáticas (ABNT, 2005 a).

¹⁰ Luminância é a sensação de luminosidade decorrente da reflexão dos raios por uma superfície. É a luz refletida, visível (ABNT, 2005 a, p.21).

Assim, verifica-se que são inúmeros os aspectos que devem ser observados para se aproveitar de maneira adequada a luz natural, proporcionando assim conforto luminoso aos usuários. No item a seguir, são apresentados os aspectos relativos ao conforto visual.

2.3.1 Conforto Luminoso

Conforto luminoso é um conjunto de condições que garantem o desenvolvimento de tarefas visuais com a máxima precisão e o mínimo de esforço (ABNT, 1999).

Segundo Vianna e Gonçalves (2011, p.16 e 17) e de acordo com a Figura 10 as variáveis do conforto luminoso podem ser divididas em três níveis distintos:

1º nível - relativos **ao clima e meio ambiente**: conforme a Figura 11 se enquadram neste nível a fonte primária de luz – o sol, a fonte secundária de luz – abóbada celeste, a radiação solar direta e difusa, a nebulosidade, a latitude, época do ano e hora do dia, os níveis externos de iluminâncias, os acidentes geográficos, as nuvens e os poluentes;

2º nível - relativos ao **projeto e construção das edificações e da cidade**: conforme a Figura 11 se enquadra neste nível a tipologia arquitetônica, os elementos de proteções externos, as aberturas, a orientação e implantação do projeto, elemento de proteção interna, a reflexão do entorno, as obstruções externas, as cores, texturas, componentes de reflexão externas e internas, a iluminação artificial dentre outros, e;

3º nível - aqueles relativos ao **próprio usuário**: conforme a Figura 11 se enquadra neste nível a atividade desenvolvida pelo usuário do ambiente, as exigências humanas e as funcionais.

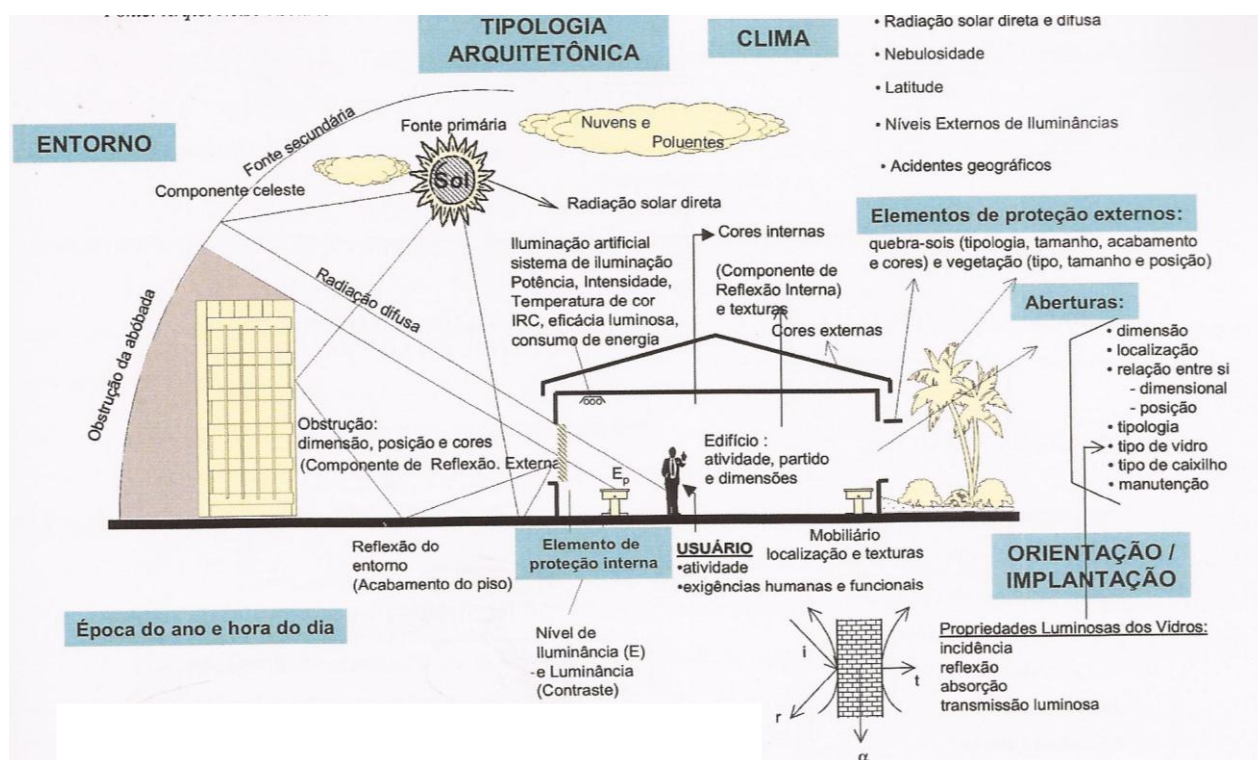


Figura 10 – Variáveis do conforto luminoso (VIANNA E GONÇALVES, 2011, p.17).

Portanto, para garantir o conforto luminoso aos usuários de um determinado ambiente é necessário identificar as necessidades de cada tarefa, pois cada uma destas situações demandam uma

luminância¹¹ específica e o arquiteto deve atendê-la de forma suficiente, com ausência de ofuscamento e com contrastes adequados (LAMBERTS, 1998).

Para atender à iluminância mínima para cada atividade/pessoa, no Brasil, a NBR 5413 (ABNT, 1991), fixa as iluminâncias mínimas a serem fornecidas em função do tipo da tarefa visual (Tabela 4). No entanto, sabe-se que se considerar apenas o critério do nível de iluminância não é suficiente para garantir conforto luminoso, principalmente devido à variabilidade das preferências de cada indivíduo. Nesse sentido, o emprego preferencialmente da luz natural permite um melhor resultado, pois as pessoas têm maior tolerância à variação do nível de iluminação quando usado luz natural do que apenas artificial.

Tabela 4 – Nível de iluminância exigido pela Norma Brasileira (ABNT, 1991).

Classificação	Nível de iluminação necessário	Tarefa
Baixa	100 a 200 lux	Circulação, leitura casual, reconhecimento facial, armazenamento, refeição, terminais de veículos.
Média	300 a 500 lux	Leitura e escrita de documentos com alto contraste, participação de conferências.
Alta	500 a 1.000 lux	Leitura e escrita de documentos com fontes pequenas e de baixo contraste, desenho técnico.

Fonte: (LAMBERTS, 1998, p.45).

Dessa forma, verifica-se que são inúmeras as variáveis que interferem na iluminação natural e no conforto luminoso de espaços internos, devendo o arquiteto se atentar para estas variáveis com intuito de otimizar estes aspectos em seus projetos.

Assim, após entender a complexidade e importância da iluminação natural e do conforto luminoso para os projetos e seus respectivos usuários, é feita uma revisão bibliográfica referente aos parâmetros e variáveis que compõe o objeto de estudo desta dissertação - Diagrama Morfológico inter-relacionando-os às questões relativas à iluminação natural.

2.3.2 Desenho Urbano

A iluminação natural do espaço urbano depende, dentre outras coisas, do desenho urbano, da configuração espacial do entorno, das características dos materiais utilizados nas superfícies que definem o entorno, aspectos relacionados à rugosidade, altura, densidade das edificações, dimensões e proporções do espaço exterior, variedade de texturas, materiais, cores e suas respectivas refletâncias, os cheios e vazios, existência ou não de vegetação entre outros (MASCARÓ, 2006, p56).

De acordo com Mascaró (2006, p.56) o ambiente urbano é o que restou do espaço edificado em uma cidade, são as praças, parques, ruas, calçadas, entre outros.

Assim, pode-se dizer que o espaço urbano tem interferências diretas na qualidade da iluminação natural dos ambientes internos de um edifício. Exemplo disso é a presença ou não de sombra projetada (que muda durante o dia) pelas árvores e edifícios do entorno em janelas, determinando a disponibilidade de luz natural no ambiente interno.

A densidade das edificações é outro aspecto que interfere na quantidade e qualidade de luz natural que chega ao interior do edifício. Segundo Barbirato (2007), a densidade de edificações corresponde aos aspectos relacionados a taxas de ocupação da área construída, distâncias entre edificações e alturas médias dos edifícios, além de detalhes da estrutura urbana como tamanho e forma das edificações e posição relativa entre as mesmas.

¹¹ Iluminância é a luz incidente não visível. Também chamada de aclaramento, nível de iluminação ou nível de iluminamento, é a grandeza fotométrica mais importante da iluminação. É a densidade do fluxo luminoso recebido por uma superfície (VIANNA E GONÇALVES, 2001).

Conforme Mascaró (2006, p.62), existem três escalas de densidades de edificações:

- “ a) Densidade alta (normalmente terrenos localizados nos centros históricos ou econômicos, cuja densidade volumétrica varia segundo os códigos locais);
- b) Densidade média (trata-se de tecidos de épocas onde se densificaram grandes superfícies das cidades, em função da substituição de velhas habitações coloniais por novas estruturas de dois ou mais andares) e;
- c) Baixa densidade (geralmente estas áreas se encontram em forma de anéis concêntricos ao redor das tramas mais densas e afastadas dos centros urbanos)”.

Mascaró (2006, p.62) comenta a este respeito que:

“No caso de densidade alta, em um dia claro, o impacto da luz refletida por um plano vertical ensolarado pode aumentar consideravelmente a iluminância global que chega a uma fachada próxima; por isso, o plano vertical e o horizontal devem ser considerados como potenciais fontes de iluminação dos edifícios, particularmente em climas com céu claro” (MASCARÓ, 2006, p. 62).

Amorim (2007, p.62) em seu método - Instrumento de Análise e Projeto Ambiental com Uso de Iluminação Natural exemplifica alguns tipos de configurações de desenhos urbanos, a saber: A1- pequenos quarteirões irregulares, A2 - grandes quarteirões, A3 - quarteirões orientados em relação ao sol, A4 – superquadras, A5 - fachadas principais orientadas para Norte/Sul, A6 - fachadas principais orientadas para Leste/Oeste, A7 - fachadas principais com orientação intermediária, A8 - blocos abertos, A9 - torres e A10 - torre isolada.

De acordo com a autora, cada uma destas configurações apresentam impactos positivos e/ou negativos quanto à quantidade e qualidade de luz natural, radiação solar, porção de céu visível, visão para o exterior e ventilação que atingirá o espaço urbano e os edifícios.

Estes tipos de desenhos urbanos podem configurar diversas possibilidades que propiciam diferentes desempenhos do espaço urbano e do próprio edifício com relação à luz natural, desempenho térmico, ventilação natural, desempenho sonoro e eficiência energética. As três primeiras configurações (A1, A2 e A3) têm maiores implicações na quantidade de luz natural, radiação solar e ventilação que atingirá o espaço urbano e os edifícios. As configurações A5, A6 e A7 têm implicações na quantidade e qualidade de luz natural (direta ou difusa) que atinge a edificação; e as configurações A8, A9 e A10 terão relações com a quantidade de luz natural atingindo a edificação. No entanto, as configurações terão sempre relações e consequências no desempenho térmico, lumínico e sonoro do ambiente urbano e do edifício em si (AMORIM, 2007, p.61 e 62).

Com relação aos quarteirões de forma retangular, Mascaró (2006) afirma que estes apresentam valores mais altos de áreas potencialmente expostas, porque possuem maior superfície de acesso ao sol.

Para Roaf, Crichton e Nicol (2009, p.272) edifícios altos ou torres podem acarretar problemas de acesso ao sol nos edifícios vizinhos. Quanto mais alto for o edifício, maior será a sombra que ele projetará nos edifícios à sua volta. Estes autores afirmam ainda que:

“um edifício de 16 pavimentos projeta uma sombra 43% maior do que aquela de um edifício de um pavimento ao meio-dia do solstício de inverno. Assim, se um edifício ficar próximo de uma torre, ele ficará na sombra durante a maior parte do ano” (ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009, p.272).

Percebe-se a partir do que foi apresentado, que qualquer detalhe não observado pelo arquiteto poderá acarretar problemas indesejados à iluminação natural dos ambientes. Dessa maneira, fica clara a necessidade do arquiteto entender e analisar os aspectos relativos ao desenho urbano no qual o edifício trabalhado está ou será inserido, para posteriormente definir as questões relativas à iluminação natural dos espaços internos do edifício.

Dessa maneira, as configurações de desenhos urbanos apresentados no método elaborado por Amorim (2007, p.62) juntamente com referencial bibliográfico existente pode auxiliar na condução de análises dos aspectos relativos ao desenho urbano, por apresentar várias possibilidades e indicar as consequências de cada uma delas.

Na sequência, são abordados os aspectos relativos à especularidade e refletância das fachadas externas à edificação, que também são fatores representativos para uma boa iluminação natural.

2.3.3 Especularidade e Refletância das fachadas externas à edificação

Segundo Mascaró (1991), no percurso da luz natural até o interior de um ambiente, um percentual é advindo de reflexões externas do entorno. A reflexão é definida como o retorno de uma radiação que incide numa superfície ou num meio, sem modificação da frequência dos componentes monocromáticos dessa radiação (ABNT, 2005 a, p.21).

Há três tipos básicos de reflexão, são elas: a reflexão especular, a dispersa e a difusa. Na reflexão especular o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão, ocorre em superfícies polidas como espelhos e metais e ocorre também em água parada (Figura 11A). Segundo o IESNA (2000) reflexos provenientes de superfícies polidas, brilhantes ou especulares podem causar ofuscamento, desconforto e reduzir a visibilidade. A reflexão dispersa é provocada por irregularidades nas superfícies espelhadas, onde o principal ângulo de reflexão é igual ao de incidência (Figura 11B). A reflexão difusa é quando a luz é espalhada em várias direções (Figura 11C) (BAKER, 1993, p. 4.2) (EGAN, 2002, p.57).

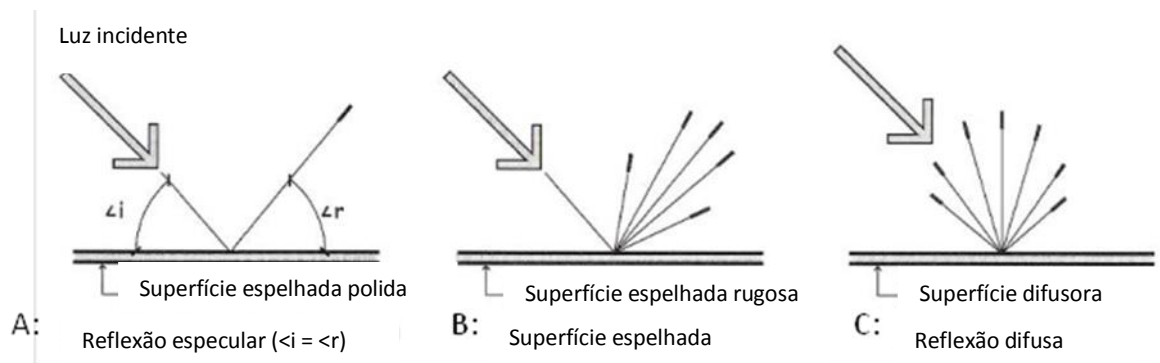


Figura 11 - A: Reflexão Especular; B: Reflexão Dispersa; C: Reflexão Difusa (EGAN, 2002, p.57).

Segundo Baker (1993, p.42) existem materiais que combinam estes tipos de reflexões. A quantidade de luz refletida é a soma de todas as reflexões, sejam elas especulares, dispersas difusas ou combinadas (Figura 12).

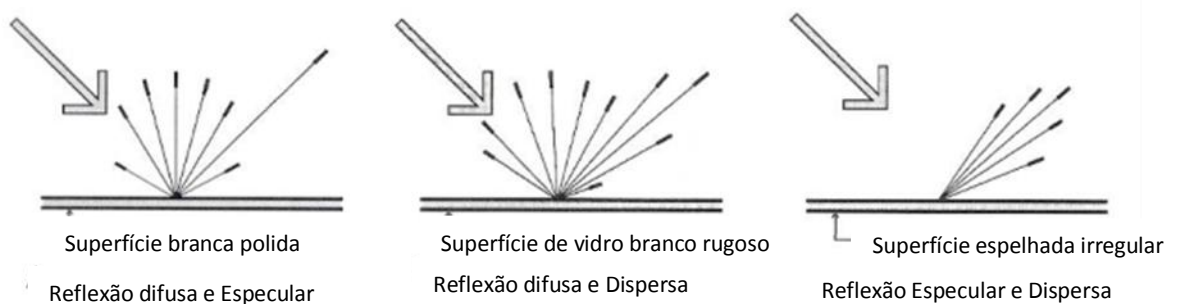


Figura 12 - Combinações de vários tipos de reflexão – A: Reflexão Difusa e Especular; B: Reflexão Difusa e Dispersa; C: Reflexão Especular e Dispersa (EGAN, 2002, p.57).

Segundo Amorim (2007, p.62) a especularidade das fachadas está relacionada a quantidade de luz refletida de maneira especular para o entorno do edifício.

A Tabela 5, elaborada de acordo com o banco de dados do Programa RADIANCE apresenta a especularidade de alguns materiais, que pode variar de 0 a 1.

Tabela 5 – Tabela com materiais e suas respectivas especularidades.

Tipo de material	Especularidade	Tipo de material	Especularidade
cortiça	0	porcelana branca	0,05
telhas cerâmica	0	mámore	0,1
linho	0	aço inoxidável	0,241
tijolo pintado	0	alumínio fosco	0,362
telha	0	cobre polido	0,522
asfalto	0	bronze	0,95
grama	0	ouro	0,95
gesso branco fosco	0	prata	0,98
gesso branco polido	0,005	cromado	0,98
vidro jateado	0,028	vidro espelhado prata	1
ferro fundido	0,05	vidro espelhado dourado	1
granito	0,05	vidro espelhado dourado	1
asfalto	0,05	aço inoxidável	1

(Fonte: Adaptado do Banco de Dados do Programa RADIANCE).

Nessa tabela (Tabela 5) é possível verificar que a especularidade da cortiça, telha cerâmica, tijolo pintado, grama, gesso branco fosco é baixa, já o cobre polido, por exemplo, possui uma especularidade média de – 0,522 e os vidros espelhados e aço inoxidável são considerados materiais com alta especularidade.

Neste trabalho, com base na referência bibliográfica e dados do Programa RADIANCE, considerou-se que a especularidade de 0,0 a 0,3 pode ser considerada baixa, entre 0,3 a 0,5 média e acima de 0,5 alta. Além disso, considerou-se, que a especularidade do entorno acima de 0,5 pode ser prejudicial, pois pode causar ofuscamento.

Além dos aspectos apresentados anteriormente, a geometria e a refletância dos materiais também são aspectos relevantes e em alguns casos podem se tornar problemáticas para a iluminância no interior de um recinto. Por esse motivo, Mascaró (2006) ressalta a importância de se reconhecer o potencial de contribuição da iluminação proveniente da refletância urbana de superfícies iluminadas pelo sol.

A NBR 15.215 (ABNT, 2005) define a refletância como o quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. Para Baker (2002, p.89) a refletância de um material altera de 0 (preto perfeito) a 1 (branco perfeito), segundo ele todas as superfícies existentes estão inseridas dentro deste intervalo. Isso pode ser observado na Tabela 6, onde são apresentados alguns tipos de superfícies/cores e suas respectivas refletâncias.

Tabela 6 – Tabela com alguns tipos de superfícies e suas respectivas refletâncias.

SUPERFÍCIES	REFLETÂNCIA	CORES	REFLETÂNCIA
Madeira escura	0,07-0,13	Gesso (branco)	0,90-0,95
Vidros, janelas	0,15	Preta	0,04 – 0,08
Madeira clara	0,13-0,34	Azul	0,05-0,55
Granolite	0,17	Parda	0,08-0,50
Vegetação (média)	0,25	Vermelha	0,10-0,35
Cerâmica vermelha	0,30	Verde	0,12-0,60
Granito	0,40	Bege	0,25-0,65
Bloco-concreto	0,40	Cinzenta	0,25-0,60
Concreto aparente	0,55	Amarela	0,30-0,70
Aço inox	0,55-0,65	Rosa	0,35-0,70
Alumínio polido	0,60-0,70	Marfim	0,71-0,77
Nuvens	0,80	Pérola	0,72
Espelhos	0,80-0,90	Branca	0,85-0,95

(Fonte: ASSIS, 1997).

Segundo Baker (2002, p.89), quanto mais clara a cor das fachadas externas de uma determinada edificação maior será sua refletância e o inverso acontece com as fachadas de cor escura. Para verificar como a questão da cor está diretamente ligada ao grau de refletância, pode-se observar na Tabela 6 que a superfície com menor refletância é a que possui cor preta (0,04 a 0,08) e a que possui maior refletância é a que possui cor branca (0,85 – a 0,95).

No entanto, conforme Amorim (2007) o grau de refletância não está relacionado apenas à cor, como também ao tipo de superfície. Um exemplo disso pode ser observado na Tabela 4, onde o espelho possui taxa de refletância entre 0,80 – 0,90 e a vegetação taxa de 0,25.

Este aspecto pode ser explicado por dois motivos: pelo albedo e pelo tipo de reflexão de cada superfície. O albedo é a capacidade de reflexão de um corpo. É uma variável adimensional, relativa a cada tipo de superfície refletora. Quanto maior o albedo, maior a capacidade da superfície de refletir a radiação. Um exemplo disso é uma superfície gramada cujo albedo é 0,25 o que significa que apenas 25% da radiação solar incidente é refletida e o albedo de um espelho perfeito cujo albedo é 1 ou seja, 100% da radiação solar incidente é refletida (LAMBERTS, 1998).

Rodrigues (2002) classifica a refletância em alta (A), média (B) e baixa (C) conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Tabela classificação de refletâncias.

Classificação	Superfície	Refletância
A	Alta	de 0,5 a 1,0
B	Média	de 0,3 a 0,5
C	Baixa	de 0,0 a 0,3

(Fonte: RODRIGUES, 2002).

Neste trabalho, considerou-se a classificação de refletâncias apresentada por Rodrigues (2002) como referência.

Logo é importante escolher cuidadosamente os tipos de materiais quanto à textura e cor, e conhecer os coeficientes de reflexão, refletância e especularidade de cada um deles, pois estes são alguns dos aspectos que influenciam o comportamento lumínico e térmico do espaço externo e interno e consequentemente conforto visual e lumínico dos usuários.

2.3.4 Ângulo máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício

O ângulo máximo do sol na fachada do edifício está relacionado com a insolação recebida na fachada da edificação, as implicações destas variáveis estão relacionadas à luz natural que chega aos ambientes internos e à visão do céu (AMORIM, 2007).

Para Mascaró (2006, p.65) o que proporciona maior ou menor iluminação a um recinto urbano é a relação da altura das edificações versus a largura da rua (também conhecida com H/W), essa redução vai depender também da densidade de ocupação do solo, sobretudo em morfologias urbanas de alta densidade de edificação. Conforme a Figura 13 esta relação é composta por duas superfícies verticais de altura H (*height*) e por uma superfície horizontal W (*width*), em geral representam as fachadas das edificações (H) e as vias e circulação urbana (W) (SOUZA, 2003, p.270).

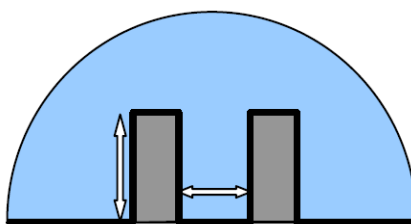


Figura 13 – Representação da relação H/W (SOUZA, 2003, p.670).

Segundo Suga (2005, p.80) cânions¹² de baixa relação H/W (Figura 14), classificados como rasos (A), permitem maior acesso à incidência solar direta, enquanto os cânions com uma relação H/W alta (B), e classificados como profundos, dependerão substancialmente da luz refletida. A relação H/W também pode influenciar no fator de visão do céu (FVC). Fator de visão do céu (FVC) é um fator que indica uma relação geométrica entre a Terra e o céu e que representa uma estimativa da área visível de céu.

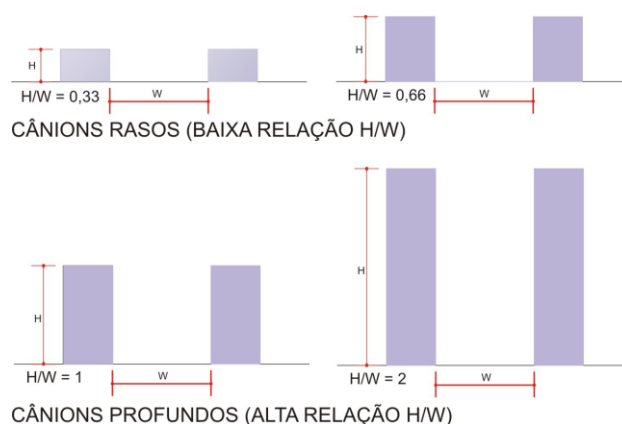


Figura 14 - Exemplos de relações de cânions urbanos vistos em um corte transversal (Fonte: SUGA, 2005).

Mascaró (2009) esclarece que quanto maior o fator de visão do céu a partir de um ponto na superfície terrestre, maior é a capacidade de iluminar naturalmente. Suga (2005, p.81) afirma que uma maior capacidade de visão significa uma menor taxa de verticalização e uma menor relação H/W.

Aliados a medidas angulares (azimute e altitude), estes perfis urbanos servem como instrumento para análise do desenho urbano em relação à largura de ruas e à altura de edificações, em função do acesso solar ou da promoção de sombreamento (SOUZA, 2003, p.670).

Nesse sentido, alguns autores apresentam orientações relativas a este aspecto. Frota e Schiffer (1995) orientam que em função das considerações de conforto térmico e eficiência energética de cânions urbanos conforme a geometria solar propõe-se a orientação axial norte-sul, para clima quente e seco, podendo suportar uma maior relação H/W, de modo que as edificações se protejam mutuamente da radiação solar direta.

Suga (2005, p.81) orienta que ao considerar a questão de iluminação para uma relação H/W alta em um cânion urbano de orientação axial leste-oeste, é possível que a iluminação nos ambientes voltados para o interior do cânion dependa da luz refletida e necessite de um complemento para iluminação no ambiente durante um maior período do dia. Alerta ainda que no tocante à orientação axial leste-oeste, para regiões de clima quente, as ruas poderiam ser mais largas, com menor proporção H/W.

Dessa forma, conforme mostra Tabela 8, Suga (2005) propõe uma relação entre dois tipos de clima x características de cânions apropriados.

Tabela 8 – tipos de clima x características de cânions apropriados.

Tipos de clima	Características
Clima quente e seco	Cânion urbano profundo poderia oferecer melhores condições de conforto térmico e eficiência energética em função do sombreamento.
Regiões frias	Podem necessitar de maior período de insolação e conseqüentemente uma relação H/W mais baixa.

(Fonte: SUGA, 2005).

¹² Cânion Urbano é caracterizado por dois planos, o piso estreito e as fachadas dos edifícios altos, apresentando um fator de visão do céu pequeno (MASCARÓ, 2006, p.65).

No entanto, percebe-se que não há orientações para todas as situações de tipos de clima x características de cânions apropriados. Nesse sentido, Souza (2003, p.676) reforça a necessidade dos profissionais utilizarem programas computacionais adequados como ferramenta auxiliar na análise do conforto lumínico e térmico relativos ao espaço urbano. Além disso, esclarece que a realização deste tipo de análise manualmente também é possível, no entanto, requer maior tempo disponível e pode apresentar resultados menos confiáveis do que os apresentados pelos programas.

2.3.5 Planta Baixa e Forma

A planta baixa é definida por Reinhold (1996, p. 30) como uma secção ou corte horizontal de uma edificação. Nos desenhos de projetos a finalidade da planta é ilustrar as formas e relações dos espaços, bem como a natureza dos elementos e superfícies.

A planta baixa e a forma da edificação são aspectos que apresentam relação direta com o projeto de arquitetura e que conforme Amorim (2007) têm consequências nos aspectos de desempenho térmico e energético, condicionando ou não a penetração de luz no ambiente interno.

Brown e Dekay (2004, p.174) afirmam que a:

“quantidade de luz que alcança o interior de um recinto iluminado lateralmente é uma função da profundidade do ambiente até a janela, da altura da janela em relação ao piso e das dimensões da janela, além da reflexividade das superfícies do recinto. À medida que se afasta da parede da janela, a quantidade de luz natural diminui como mostra a Figura 15”.

Segundo Cintra (2011) pode-se classificar a planta ou o ambiente como profundo quando exceder a seguinte relação: Profundidade do ambiente deve ser menor ou igual a $2,6 \times h_a$ (onde “ h_a ” é a distância medida entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação, excluindo caixilhos) (Figura 15).

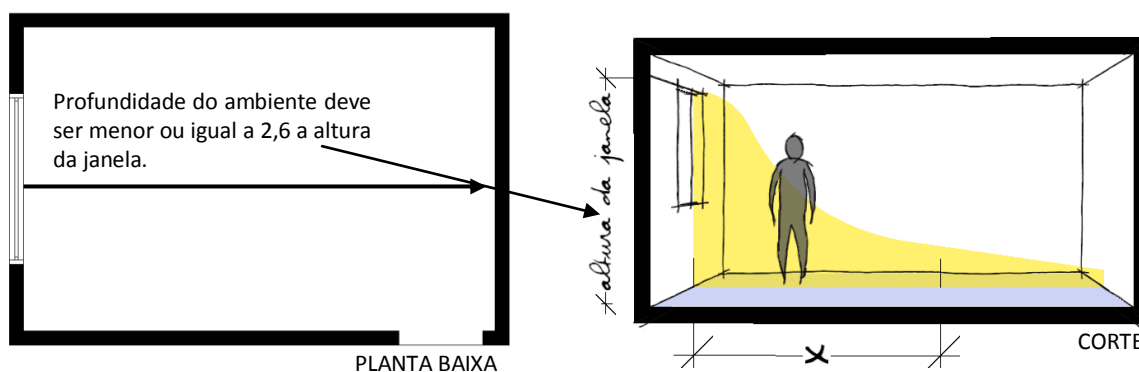


Figura 15 – Planta e Corte para demonstrar a relação entre a altura da janela e a profundidade do ambiente para garantir iluminação adequada no ambiente (CINTRA, 2011, p. 36).

A partir desta afirmação de Cintra (2011), criou-se uma tabela (Tabela 9) onde foram registradas alturas de janelas x profundidades de ambientes. Conforme pode ser observado na Tabela 9, esta pode auxiliar a visualização rápida e precisa da distribuição da iluminação natural lateral em diversas situações de alturas de janelas e profundidade de ambientes. Por exemplo se tenho uma altura de janela (do piso até o final da janela) de 3,8m isso implica que pra se ter um iluminação lateral adequada o ambiente não poderá ultrapassar 9,6m de profundidade.

Tabela 9 – Tabela com altura de janela X Profundidade de ambiente com relação à distribuição de iluminação lateral



Portanto, a largura do edifício é uma importante consideração de projeto para uma edificação que utiliza a iluminação natural. De acordo com Amorim (2007) existem três tipos de plantas baixas: unilateral, bilateral e ambiente profundo.

A planta unilateral ocorre quando existe abertura em apenas um dos lados do ambiente. Deve-se tomar cuidado com a profundidade do ambiente para que a iluminação natural seja eficiente. A planta bilateral ocorre quando existem aberturas em dois dos lados do ambiente (AMORIM, 2007). Esse tipo de planta pode proporcionar melhor uniformidade na distribuição da iluminação natural, no entanto, pode gerar ganhos térmicos para o ambiente (VIANNA e GONÇALVES, 2001). Deve-se sempre ter cuidado com a orientação e o percentual de abertura. A planta ou ambiente profundo apresenta maior dificuldade de aproveitamento de luz natural, pois interfere na penetração e distribuição de luz no ambiente (AMORIM, 2007).

Brown e Dekay (2004, p.182) esclarecem que em edificações com planta baixa profunda, a luz natural pode ser internalizada, por meio da iluminação zenital, em edifícios de um único pavimento, ou mediante o uso de grandes ambientes com pé-direito alto, iluminados lateralmente.

Com relação à forma, existe uma infinidade de formas de edifícios. Amorim (2007) em seu método apresenta alguns exemplos como edifício com átrio ou pátio interno e edifícios com pele dupla.

Edifício com átrio ou pátio interno apresentam otimização da luz natural por meio do vazio interno. Conforme Baker; Fanchiotti e Steemers (1993, p. 5.10) o pátio interno é definido como:

“um espaço interno fechado pelas paredes de um ou mais edifícios, e aberto para o exterior na cobertura e às vezes em uma das laterais. A luz natural e a ventilação são reduzidas em relação ao exterior. Os revestimentos das paredes influenciam no desempenho luminoso do pátio, cores claras e superfícies espelhadas aumentam a luminosidade”.

Os pátios internos que funcionam como poço de iluminação e são tradicionalmente configurados por edificações em forma de “O”, “U” e “E” reduzem a quantidade de luz disponível às suas janelas porque as paredes do próprio pátio absorvem uma parcela de luz (BROWN; DEKAY, 2004, p.174).

Um exemplo de pátio interno ou átrio pode ser observado na Figura 16, no Memorial Minas Gerais projetado pelo Estúdio Arquitetura e Teatro Arquitetura em 2010 (ARCH DAILY BRASIL, jan 2012).



Figura 16 - Exemplo de um edifício com pátio interno: Memorial Minas Gerais (Fonte: www.archdaily.com.br. Foto: Jomar Bragança).

Baker; Fanchiotti e Steemers (1993, p. 5.11) definem ainda, o que vem a ser o átrio:

“O átrio é um espaço fechado lateralmente pelas paredes de um edifício, com a cobertura fechada com material transparente ou translúcido (Figura 17). Permite a entrada de luz natural para outros espaços internos ligados a ele. Suas dimensões variam dependendo do tamanho do edifício. Os revestimentos internos devem ter altas refletâncias, para garantir a penetração da luz natural nos espaços adjacentes. Elementos de controle móveis podem ser acrescentados para evitar o aquecimento indesejado pelo sol”.

Um exemplo de átrio pode ser observado nas Figuras 17 e 18 do edifício administrativo SAP Global Service Center projetado por Eduardo de Almeida, Shundi Iwamizu Arquitetos Associados em 2009 em São Leopoldo, Brasil. No esquema mostrado na Figura 18 pode-se verificar a intenção dos arquitetos de aproveitar a iluminação natural e ventilação por meio do átrio (ARCH DAILY BRASIL, nov 2011).



Figura 17 - Edifício com átrio - SAP Global Service Center (Fonte: www.archdaily.com.br. Foto: Nelson Kon).

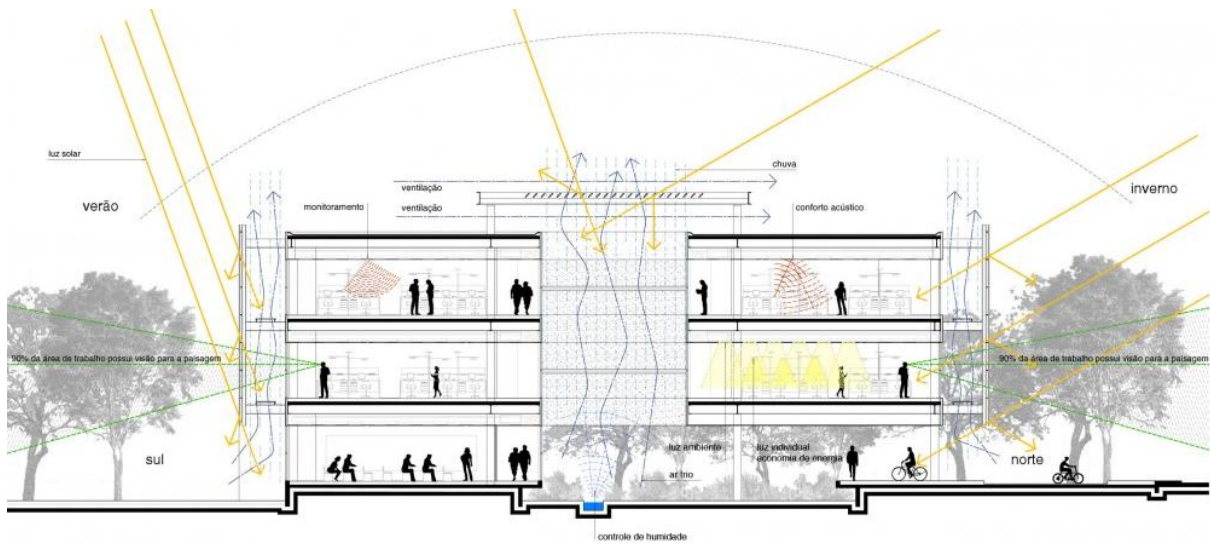


Figura 18 - Esquema de Insolação e Ventilação do SAP Global Service Center (Fonte: www.archdaily.com.br. Foto: Nelson Kon).

Segundo Bell e Burt (1995, p.25) o átrio age como uma conexão da parte externa para as partes internas do edifício (Figura 17 e 18).

Com relação a edifícios com pele dupla, estes são considerados edificações onde há acréscimo de uma outra camada de controle à pele existente, o que irá condicionar as trocas térmicas, luminosas, energéticas e de ventilação. O SAP Global Service Center referenciado anteriormente também é um exemplo de edifício com pele dupla (Figura 19, 20 e 21).



Figura 19 e Figura 20 - Exemplo de um edifício com pele dupla – fachada e ambiente interno (Fonte: www.archdaily.com.br. Fotos: Nelson Kon).



Figura 21 – Fachada do edifício SAP Global Service Center com pele dupla (Fonte: www.archdaily.com.br. Foto: Nelson Kon).

Assim, verifica-se que conhecendo os problemas e potencialidades de cada tipo de planta baixa e forma de edificação o arquiteto tem maiores possibilidades de evitar equívocos relacionados a conforto ambiental e iluminação natural.

2.3.6 Taxa de Aberturas nas Fachadas

Segundo o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C (BRASIL, 2009) abertura pode ser entendida como:

“todas as áreas da envoltória do edifício, com fechamento translúcido ou transparente (que permite a entrada da luz), incluindo janelas, painéis plásticos, clarabóias, portas de vidro (com mais da metade da área de vidro) e paredes de blocos de vidro. Excluem-se vãos sem fechamentos e elementos vazados como cobogós”.

Já o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (BRASIL, 2010) considera área de abertura como: área livre em metro quadrado (m)² sem obstrução por elementos fixos de sombreamento que sejam paralelos ao plano de abertura.

Para Amorim (2007) a taxa de abertura na fachada é o percentual de área aberta para iluminação com relação à área total de fachada, considerando áreas envidraçadas ou não. A taxa de abertura nas fachadas condiciona as trocas térmicas, a quantidade e qualidade de luz natural, a visão para o exterior e os aspectos energéticos do edifício.

Bannister et al (1998), em estudos realizados na Austrália chegam à conclusão de que mais de 50% de abertura na fachada é ruim para qualquer clima no contexto australiano.

Vianna e Gonçalves (2001, p. 134) reforça o conceito de que grandes áreas envidraçadas não são úteis para a iluminação natural:

“os peitoris envidraçados abaixo do plano de trabalho (altura de aproximadamente 0,85m) não contribuem para a iluminação local, pois não se consideram as áreas envidraçadas colocadas abaixo deste nível, para o cálculo da iluminação natural. Como a luz que penetra por esta parte da abertura está abaixo do plano de trabalho ela dificilmente incidirá sobre ele, não contribuindo para a iluminação neste ponto”.

Bittencourt (2004) ressalta também que as fachadas envidraçadas formam o conhecido “efeito estufa”, sobrecarregando, assim o sistema de ar condicionado.

O RTQ-R (BRASIL, 2010) adota que o acesso à iluminação natural em ambientes de permanência prolongada deve ser garantido por uma ou mais aberturas para o exterior, além disso, recomenda que

“A soma das áreas de aberturas para iluminação natural desses ambientes deve corresponder a no mínimo 1/8 da área do piso. Para os ambientes de serviço, lavanderia e banheiros recomenda 1/10 da área do piso. Para o cômputo desta área é considerada apenas a área passível de desobstrução total, excluindo caixilhos” (BRASIL,2010).

Assim, neste trabalho, acata-se as orientações apresentadas anteriormente por Bannister et al (1998), Bittencourt (2004), Vianna (2001, p. 134) e Amorim (2007). Mesmo que o estudo de Bannister et al (1998) tenha sido elaborado para o contexto australiano acredita-se que esta orientação seja pertinente ao contexto brasileiro, acredita-se que mais de 50% taxa de abertura na fachada pode acarretar problemas de conforto visual, como ofuscamento e ganhos térmicos. No entanto, os projetos com suas particularidades e respectivas taxas de abertura nas fachadas devem ser determinados de acordo com as necessidades locais, climáticas e culturais. Cabe ao profissional responsável avaliar o que atende as necessidades de conforto visual para os usuários dos ambientes que está projetando e quais fachadas podem ter uma taxa maior de abertura e quais devem ter taxas menores.

2.3.7 Distribuição das Aberturas nas Fachadas

A distribuição das aberturas nas fachadas interfere diretamente na entrada de luz (direta ou difusa), do controle solar, do controle térmico e consumo energético. Existem alguns tipos de distribuição

de abertura nas fachadas: fachadas uniformes, fachadas não uniformes com relação à orientação solar e fachadas não uniformes com relação ao espaço urbano (AMORIM, 2007, p.64).

Fachadas uniformes não consideram as diferenças entre as diversas orientações (solar, iluminação e de ventilação).

Fachadas não uniformes com relação à orientação solar apresentam preocupação com as questões relacionadas à orientação (solar, de iluminação e de ventilação). Neste caso encontram-se tratamentos de fachada diferenciados com relação ao sol (áreas e tipos de aberturas, proteções solares diferenciadas - horizontais, verticais e /ou mistas). Fachadas não uniformes com relação ao espaço urbano (dimensões, materiais, proteções solares etc) levam em consideração o seu entorno, as vias principais, os acessos e não a orientação solar (AMORIM, 2007, p.64).

De acordo com Vianna e Gonçalves (2001) as fachadas completamente envidraçadas e uniformes não contribuem para a iluminação, pois a luz que penetra abaixo dos peitoris envidraçado dificilmente incidirá sobre o plano de trabalho, não contribuindo para a iluminação neste ponto e acarretando ganhos térmicos.

Logo, é importante escolher cuidadosamente o tipo de distribuição de abertura nas fachadas para cada projeto levando em conta também as questões climáticas de cada localidade, pois estes são aspectos que interferem diretamente no comportamento luminoso e térmico do espaço.

2.3.8 Proteções Solares nas Fachadas

Protetores solares são elementos utilizados para barrar os raios solares sem impedir a visão e a ventilação, reduzindo o excesso de luminosidade nos ambientes internos (BITTENCOURT, 2004, p.20). Neto (1980, p.54) afirma que os protetores solares são elementos construtivos utilizados para atenuar a ação dos raios solares, modificando os ângulos de incidência de modo a permitir uma iluminação por reflexão.

As proteções solares nas fachadas podem proteger as janelas dos ganhos térmicos solares e, ao mesmo tempo, preservar a visibilidade celeste e reduzir o ofuscamento, no entanto, podem diminuir os níveis de iluminação natural internamente. Como a luz refletida pelas proteções solares é uma fonte potencial de ofuscamento, eles devem ser cuidadosamente localizados, para evitar o campo visual dos usuários. (BROWN; DEKAY, 2004, p.283).

Existem vários tipos de proteções solares que podem ser utilizadas nas fachadas, dentre elas estão os pórticos, varandas, beirais, marquises, brises, cobogós e pergolados. Além disso, os protetores solares podem ser verticais, horizontais e mistos, podendo ser fixos ou móveis. Os protetores solares móveis dependem da participação dos usuários e podem ser adequados de acordo com a necessidade. (BITTENCOURT, 2004) (AMORIM, 2007).

De acordo com Bittencourt (2004) os protetores solares móveis são mais eficientes, pois podem ser ajustados em função da variação dos raios solares, ao longo do ano e das horas do dia, no entanto, são mais caros devido à engrenagem necessária aos seus movimentos.

Para a reflexão da luz natural, os protetores solares devem ser de cor clara, para refletir uma grande proporção de luz difusa no ambiente (DUNSTER, 1978, p.51).

Brown e Dekay (2004, p.284) orientam que:

“deve-se selecionar materiais e acabamentos que refletem a luz (tinta branca) e não o calor (materiais polidos). Proteções solares em fachadas ensolaradas podem parecer escuras no lado sombreado, como na parte debaixo de um beiral. Isto, em contraste com as superfícies mais bem iluminadas, pode causar a sensação de ofuscamento. Portanto, os lados sombreados dos protetores solares devem ter cores claras”.

Segundo Bittencourt (2004, p.53), Baker, Steemers (1993) e Amorim (2007) estes protetores solares podem ser definidos e caracterizado da seguinte maneira:

- (i) Pórticos, varandas, beirais e marquises:

Para Bittencourt (2004, p.53) os pórticos, varandas, beirais e marquises podem ser considerados como um tipo de protetor solar horizontal, pois apresentam o mesmo conceito que este tipo de proteção solar - eixo horizontal paralelo à fachada a ser protegida. São mais eficientes nas horas do dia em que o sol está mais alto e menos eficientes nas horas próximas ao nascer e por do sol.

A casa no Guarujá (Figuras 22 e 23) projetada por Bernardes Jacobsen em São Paulo, SP no ano de 2007 apresenta varandas que também servem como proteção solar.



Figura 22 e Figura 23- Exemplo de varanda/beiral: Casa no Guarujá Projeto de Bernardes Jacobsen (Fonte: www.archdaily.com.br. Fotos: Leonardo Finotti).

Segundo Baker, Steemers (1993) estes elementos são partes do edifício, que se prolongam horizontalmente a partir da fachada em cima de um componente de passagem. Protege as zonas adjacentes à abertura, obstruindo os ângulos altos de radiação solar direta. Resulta em níveis menores de iluminação interna, podem proteger as fachadas contra chuva. Um beiral utilizado em fachada leste ou oeste não protege contra os raios solares nas primeiras horas da manhã e no final da tarde.

(ii) Brises:

Os brises também são chamados de quebra-sol ou protetor solar e são utilizados para barrar os raios solares sem impedir a visão e a ventilação, reduzindo o excesso de luminosidade nos ambientes internos (BITTENCOURT, 2004, p.20) (AMORIM, 2007).

Os brises verticais são elementos situados perpendicularmente em relação ao plano horizontal. São mais eficientes nas fachadas onde a maior parte da incidência se afasta da perpendicular à fachada e nas horas próximas a aurora e ao alvorecer. São menos eficientes nos horários do dia em que o sol está alto (BITTENCOURT, 2004).

Na Figura 24 pode-se verificar um tipo de brise vertical fixo, fabricado com aço corten em uma residência em Nova Lima, MG projetada por Arquitetos Associados (CBCA, março de 2011)



Figura 24 – Exemplo de um brise ou protetor solar vertical: casa em Nova Lima projetada por Arquitetos Associados (Fonte: www.cbca-acobrasil.org.br. Foto: Leonardo Finotti).

Este tipo de brise é colocado na parte externa de uma fachada, e fixo verticalmente nas laterais da abertura. Reflete e redireciona a luz natural; dependendo da localização, a radiação solar direta pode ser

evitada. As dimensões são determinadas de acordo com as necessidades de sombreamento. Estima-se que 50% seja a redução da iluminação natural provocada por brises verticais instalados a 45° em relação à fachada (ANDER E NAVVAB, 1983, p.180).

Já os brises horizontais são placas cujos eixos horizontais estão paralelos à fachada a ser protegida e também ao plano horizontal. Um exemplo de brise horizontal pode ser observado na Figura 25 no projeto de Sidônio Porto no edifício do complexo administrativo da Petrobras em Macaé – RJ.

Este tipo de proteção solar é mais eficiente nas horas do dia em que o sol está mais alto e menos eficientes nas horas próximas ao início e fim do dia, horário em que o sol está mais baixo (BITTENCOURT, 2004).



Figura 25 – Exemplo de um brise ou protetor solar horizontal – Complexo Administrativo da Petrobras em Macaé, RJ. (Fonte: www.arcoweb.com.br. Foto: Patrícia Cardoso).

Os brises mistos são combinações simultâneas de protetores verticais com horizontais. Em muitos casos (nas fachadas norte/sul, por exemplo) estes protetores são mais indicados, pois se complementam com muita eficiência. O brise-soleil, cobogó, elementos vazados são protetores solares mistos (BITTENCOURT, 2004).

Existe um método¹³ que define os ângulos de proteção solar mínimos por fachada (BRASIL, 2010), e que foi aplicado para as cidades que dispõem de Normais Climatológicas (INMET, 1992), cada uma delas com uma tabela de ângulos mínimos de proteção solar por fachada. Estas tabelas são úteis para comparar se o ângulo de proteção estabelecido em um projeto está compatível com a recomendação para aquela cidade, se não, o projetista tem a possibilidade de adequar esta questão no projeto e proporcionar melhores condições de iluminação natural no ambiente interno. É importante esclarecer que os ângulos recomendados são mínimos, cabe ao arquiteto definir se irá utilizar um ângulo maior ou menor que o recomendado. A Tabela 10 apresenta os ângulos mínimos para Brasília - DF.

¹³ O método combina a incidência de radiação solar com as temperaturas do ar, para evitar sobreaquecimento. Não leva em consideração o ofuscamento nem garante nenhuma condição de iluminação natural. Para edifícios comerciais recomenda-se considerar os ângulos de proteção determinados para áreas de janelas > 25% da área do piso.

Tabela 10 – Ângulos mínimos indicados para protetores solares para a cidade de Brasília e sentido adotado para leitura dos ângulos.

FACHADA NORTE Brasília					FACHADA NORDESTE Brasília				
Edificações Residenciais					Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso					Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe	α	βd	βe	γd	γe
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área da janela > 25% área do piso					Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe	α	βd	βe	γd	γe
-	-	30°	-	30°	-	-	-	-	-
FACHADA SUL Brasília					FACHADA SUDOESTE Brasília				
Edificações Residenciais					Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso					Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe	α	βd	βe	γd	γe
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área da janela > 25% área do piso					Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe	α	βd	βe	γd	γe
-	-	-	-	-	65°	-	-	55°	-
FACHADA LESTE Brasília					FACHADA SUDESTE Brasília				
Edificações Residenciais					Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso					Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe	α	βd	βe	γd	γe
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Área da janela > 25% área do piso					Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe	α	βd	βe	γd	γe
60°	-	-	25°	25°	-	-	-	-	-
FACHADA OESTE Brasília					FACHADA NOROESTE Brasília				
Edificações Residenciais					Edificações Residenciais				
Área da janela < 25% área do piso					Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe	α	βd	βe	γd	γe
70°	-	-	40°	-	65°	-	-	50°	-
Área da janela > 25% área do piso					Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe	α	βd	βe	γd	γe
70°	-	-	40°	25°	70°	-	-	-	60°

(Fonte: BRASIL, 2010).

(iii) Cobogó:

O cobogó é um micro-quebra-sol ou elemento vazado, ou seja, um protetor solar misto em escala reduzida. Pode funcionar como filtro do eventual excesso de luz natural, sem barrar a ventilação. (BITTENCOURT, 2004, p.53). Exemplos de cobogós podem ser observados nas Figuras 26 e 27.

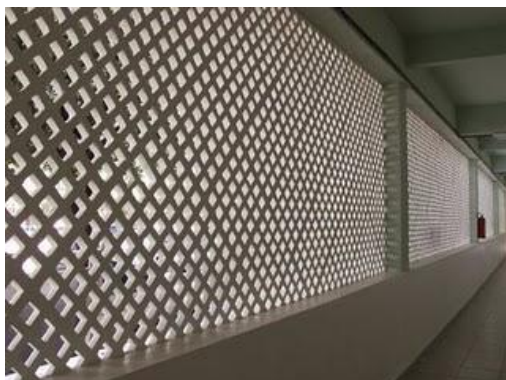


Figura 26 e Figura 27– Exemplos de Cobogós (Fonte: evolutivaarquitetura.wordpress.com. Foto: Evolutiva Arquitetura).

O cobogó reduz a profundidade de penetração da luz nos ambientes, no entanto, melhora a uniformidade, diminui o ofuscamento (pois contribui para diminuir os altos valores de iluminância próximos às aberturas). Esse tipo de controle de entrada de luz é eficiente pois reduz a incidência direta da radiação

solar e impede o contato dos raios diretos do sol com a superfície transparente da janela (VIANNA E GONÇALVES, 2001).

(iv) Pergolados:

Os pergolados (Figura 28) também são conhecidos como pérgola podem ser utilizados como eficiente protetor solar, principalmente onde é necessária a circulação de ar.



Figura 28 – Exemplo de Pergolado (Fonte: www.scadedmoveisplanejados.com.br. Foto: Scaded Moveis Planejados).

(v) Vegetação na fachada:

A vegetação na fachada pode contribuir para a redução da necessidade de refrigeração interna em até 40%, a depender do tipo de vegetação utilizada na fachada (YEANG, 2001, p.236 e 237). Conforme pode ser observado na Figura 29, Yeang (2001, p.237) afirma que existem três estratégias básicas para incorporar a vegetação nos edifícios: justaposição, entrelaçamento e integração (YEANG, 2001, p.236 e 237).



Figura 29 – Três estratégias para incorporar a vegetação nos edifícios (YEANG, 2001, p.238).

Além disso, essa estratégia pode contribuir para a redução da demanda energética e dos efeitos da "ilha de calor". A transpiração da água por parte das plantas ajuda a controlar e regular a umidade e temperatura do ar (YEANG, 2001, p.236 e 237).

(vi) Elementos perfurados:

Os elementos perfurados (Figura 30) permitem que uma pequena quantidade de luz penetre na superfície de proteção, clareando a aparência do lado inferior e, ao mesmo tempo, mantendo o bloqueio da maior parte da radiação (BROWN; DEKAY, 2004, p.284).

A título de visualização, na Figura 30 pode-se verificar a aplicação de elementos perfurados na Fachada da Livraria Cultura projetada por Paulo Mendes da Rocha em Recife.

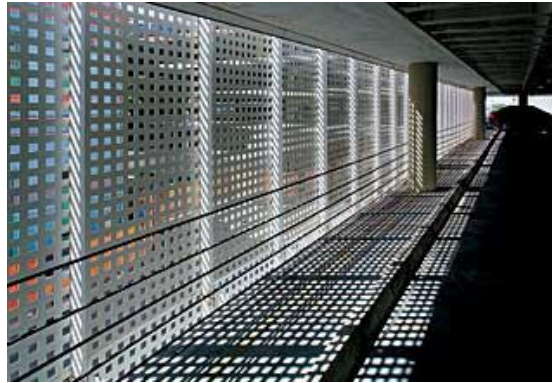


Figura 30 – Exemplo de um elemento perfurado – Fachada da Livraria Cultura projetada por Paulo Mendes da Rocha (Fonte: www.arcoweb.com.br. Foto: Leonardo Finotti).

2.3.9 Aberturas Zenitais

De acordo com a ABNT (2005) as aberturas zenitais são os fechamentos superiores, que se localizam nas coberturas, dos espaços internos. Considera-se a iluminação zenital como a luz natural que entra através dos fechamentos superiores (coberturas) dos espaços internos.

Amorim (2007, p.65) relata que o tipo de abertura zenital, a forma e a inclinação irão condicionar a distribuição de luz natural; Além disso, irá influenciar na quantidade e qualidade (direta ou difusa) de luz natural que entra em um ambiente bem como irá influenciar nos ganhos térmicos da edificação. Segundo ela, de maneira geral, os zenitais com superfícies iluminantes horizontais apresentam maiores ganhos térmicos e maior possibilidade de ofuscamento por reflexão, permitindo a entrada de luz direta. Os zenitais do tipo lanternim, *shed* ou dente de serra apresentam maiores vantagens do ponto de vista do controle da luz natural.

Vianna (2001, p.129) afirma que a distribuição da luz por aberturas zenitais depende da forma das aberturas zenitais e da altura entre o plano de trabalho e o elemento zenital. Além disso, afirma ainda que: o uso da iluminação através de aberturas zenitais possibilita uma maior uniformidade de distribuição da luz natural em relação à iluminação lateral e, principalmente, permite maiores níveis de iluminância sobre o plano de trabalho.

Para Vianna e Gonçalves (2001) a iluminação zenital:

“possui enorme capacidade em captar a radiação luminosa, quer do sol, quer da abóbada celeste. Em termos de conforto luminoso, é adequada e apresenta grande funcionalidade ao ser utilizada em espaços com grande profundidade como em edifícios de escritórios, bancos, museus, bibliotecas e centros comerciais. Entretanto, em termos de conforto térmico, torna-se necessário que a iluminação zenital seja controlada, sendo importante considerar fatores como: o clima local, as condições de céu, o índice de nebulosidade, a iluminância e a tipologia e formato do zenital”.

Vianna e Gonçalves (2001) orientam que para evitar um aumento indesejável da carga térmica na edificação, a área iluminante zenital não deve ultrapassar 10% da área do piso. No entanto, de acordo com esses autores, isto é uma recomendação genérica que deve ser observada individualmente para cada tipologia de zenital como também para os materiais empregados nas superfícies iluminantes.

Outro fator importante nesse tipo de iluminação é quanto à manutenção, a limpeza e conservação regulares. Estes procedimentos são essenciais para manter os padrões de luz natural garantidos pelo projeto arquitetônico original (VIANNA E GONÇALVES, 2001).

De acordo com Baker e Steemers (1993), Vianna e Gonçalves (2001) e Amorim (2007), existem vários tipos de aberturas zenitais e cada uma delas apresenta uma característica diferenciada como pode ser observado a seguir:

(i) Clarabóia:

Para Vianna e Gonçalves (2001), a clarabóia se caracteriza por:

“ser uma abertura horizontal na cobertura do edifício. Requer maior manutenção devido à posição mais horizontal da superfície iluminante. Deve-se ter atenção em relação às questões térmicas, e sua área não deve exceder a 10% da área de piso do ambiente. Outro fator importante nesse tipo de abertura zenital é a dificuldade de sombreamento, já que os elementos que proporcionam isso também reduzem a iluminância do local”.

No edifício Sheraton Barra da Tijuca no Rio de Janeiro (RJ) projetado por STA Arquitetura pode-se verificar a utilização de uma clarabóia (Figura 31). A clarabóia central é uma elipse que mede dez metros em seu ponto maior e sete no menor. Possui estrutura de aço, perfis de alumínio com calhas de dreno e vidros laminados de dez milímetros (ARCO WEB, set 2003).



Figura 31 - Exemplo de uso da Clarabóia: Sheraton Barra – RJ projetado por STA Arquitetura (Fonte: www.arcoweb.com.br. Foto: Cristiano Mascaro).

(ii) Lanternim:

Baker e Steemers (1993) definem o lanternim como:

“uma parte elevada da cobertura, freqüentemente no ponto mais alto, com aberturas verticais que permitem a entrada de luz. As dimensões são normalmente entre 0,5 e 1,5 m em altura e entre 0,5 e 2 m em diâmetro. Em alguns casos específicos podem ser maiores. O lanternim é normalmente feito com o mesmo material da cobertura. Quando aberto, é um meio efetivo de ventilação do edifício”.

Na Figura 32 pode-se visualizar um exemplo do uso do Lanternim no Mercat del Ninot em Barcelona projetado por Josep Lluís Mateo.



Figura 32 – Exemplo de uso do Lanternim (Fonte: www.archdaily.com.br. Foto: Adrià Goula).

Baker e Steemers (1993) e Vianna e Gonçalves (2001) caracterizam o lanternim por apresentar duas faces opostas e iluminantes. Nesse tipo de abertura zenital, deve-se ter os mesmos cuidados que se tem ao utilizar uma abertura lateral. Nesse sentido, geralmente, seu beiral de cobertura é executado com “abas” prolongadas com o intuito de proteger contra a penetração direta do sol. A melhor orientação para esse tipo de abertura zenital para o Brasil é Norte – Sul (N-S), sendo que para a face Norte é essencial o tratamento da insolação por meio de proteções solares para evitar o ofuscamento e ganho térmico. Para Amorim (2007) os zenitais do tipo lanternim apresentam maior vantagem do ponto de vista do controle da luz natural.

(iii) Shed ou dente de serra:

Baker e Steemers (1993) definem o shed ou dente de serra como:

“uma série de aberturas sucessivas paralelas, com aberturas verticais ou inclinadas e que devem ser voltadas para o sul (hemisfério sul). A altura da abertura varia de 1,0m a 2,5m, e o comprimento normalmente é o mesmo da cobertura. Nas latitudes brasileiras, é aconselhável utilizar proteções solares para evitar a radiação direta do verão (sul)”.

Um arquiteto conhecido pela utilização desse tipo de abertura zenital é o João Filgueiras Lima (Lelé), que utiliza o shed para propiciar melhor iluminação natural nos espaços internos de seus projetos. Um exemplo disso pode ser verificado em dois espaços do Sarah Kubitschek – Salvador (Figura 33 e 34).



Figura 33 e Figura 34- Exemplo de Uso do Shed ou Dente de Serra (Fonte: www.archdaily.com.br. Foto: Nelson Kon).

Baker e Steemers (1993) e Vianna e Gonçalves (2001) afirmam que esse tipo de abertura zenital é muito vinculado à arquitetura de fábricas e indústrias. É utilizada para iluminação de edifícios amplos e com pés direito altos. Deve-se ter atenção para os raios solares com menor inclinação (principalmente os do final de tarde), que podem ocasionar ofuscamento. Apresenta melhor desempenho quando a abertura está orientada a sul, para latitudes compreendidas entre 24º e 32º S, permitindo, assim, na maior parte do dia, a entrada da luz difusa. Para as latitudes compreendidas entre 0º e 24º, a orientação para sul não usufruirá da vantagem da luz difusa.

De acordo com Mascaró (1975) os elementos zenitais tipo “sheds” fornecem uma iluminação em torno de três quartos do valor obtido com a mesma superfície iluminante localizada continuamente sobre um teto horizontal. Os zenitais do tipo shed ou dente de serra, assim como o lanternim, também apresentam maiores vantagens do ponto de vista do controle da luz natural (AMORIM, 2007).

(iv) Cobertura translúcida:

Conforme Baker (1993, 2002), cobertura translúcida (Figura 35) é um espaço envolto lateralmente por um edifício e coberto com materiais que permitem a passagem de luz natural. É projetado para otimizar a luz do sol nos espaços adjacentes a ele. Vianna e Gonçalves (2001) orientam que deve-se ter atenção em relação às questões térmicas, pois sua área não deve exceder a 10% da área de piso iluminado por ela. Não se pode esquecer que um nível maior de iluminância (lux), caso desse tipo de zenital, também significa maior ganho de calor, e portanto, maiores problemas térmicos, desconforto para o usuário, aumento do uso de ar-condicionado e maior consumo energético.



Figura 35 - Exemplo de Cobertura Translúcida (Fonte: www2.dupont.com. Foto: Safety Glass).

Outro fator importante nesse tipo de abertura zenital é a dificuldade de sombreamento, já que os elementos que proporcionam isso também reduzem a iluminância do local (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

(v) Poço de Luz:

Segundo a ABNT (2003) o poço de luz (Figura 36) é:

“um espaço luminoso interno que conduz a luz natural para porções internas da edificação, geralmente com superfícies com acabamento com alta refletância”.

Conforme Brown e Dekay (2004, p.256) Moshe Safdie usou poços de luz profundos, estreitos e longos para trazer luz natural às galerias do andar inferior da National Gallery of Canada, em Ottawa, em Ontario (Figura 36). Relata ainda que estes poços proporcionam iluminação mesmo em uma situação de céu encoberto e sem necessidade de lâmpadas elétricas.

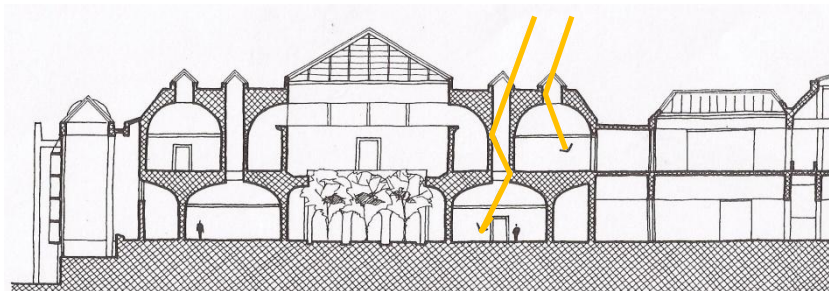
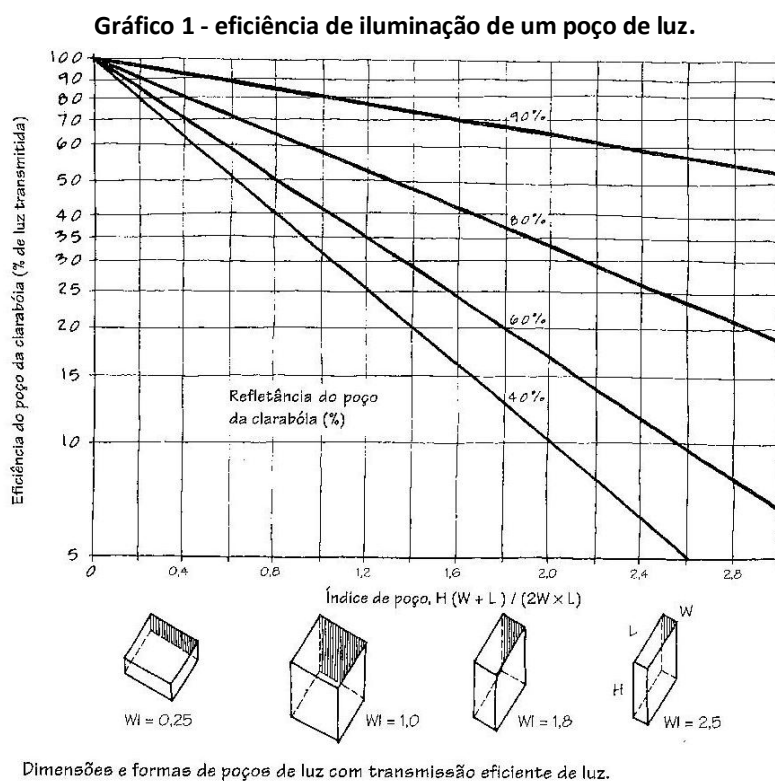


Figura 36 - Exemplo de Poço de Luz (Fonte: BROWN; DEKAY, 2004, p.256).

Vianna e Gonçalves (2001) orientam que o piso inferior desse tipo de zenital deve apresentar cor clara para permitir maior reflexão para os ambientes situados no térreo. Para Brown e Dekay (2004, p.256) a eficiência do poço em transmitir a luz natural é uma função da refletância de suas paredes e do seu formato. Poços profundos e estreitos são menos eficientes. Segundo eles, para determinar a eficiência de iluminação de um poço de luz, deve-se localizar no eixo horizontal do Gráfico 1 o índice de poço, subir pela linha diagonal da refletância da parede do poço, e então, horizontalmente, para encontrar a eficiência na escala vertical (BROWN; DEKAY, 2004, p.256).



(Fonte: BROWN; DEKAY, 2004, p.256).

Orientam ainda que, quanto menor for a eficiência do poço, maior deverá ser a clarabóia, para prover mesmo nível de iluminação. Reforçam que é importante que fique claro que é difícil proteger os vidros em posição horizontal do sol e elas estão sujeitas a níveis indesejáveis de radiação solar. Esclarecem ainda que deve-se considerar a possibilidade de empregar vidros na posição vertical e sombreados (BROWN; DEKAY, 2004, p.256).

De acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R (BRASIL, 2010), no caso de existência de aberturas zenitais, a edificação deve atender ao Fator Solar¹⁴ (FS) máximo do vidro ou do sistema de abertura para os respectivos Percentuais de Área de Abertura Zenital (PAZ), de acordo com a Tabela 11 (BRASIL, 2010).

Tabela 11 – Limites de fator solar de vidro e de percentual de abertura zenital para cobertura.

PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
FS	0,87	0,67	0,52	0,30

(Fonte: BRASIL, 2010).

2.3.10 Posição e Forma da Janela ou Coletor de Luz

A posição e a forma da janela (coletor de luz) terá influência na quantidade e distribuição de luz natural, na possibilidade de ofuscamento, na visão para o exterior e ganhos térmicos. De forma geral, janelas laterais mais altas garantem maior profundidade de penetração da luz natural. Por outro lado, é importante considerar a possibilidade de vista para o exterior, que as janelas altas não permitem, e também possíveis problemas de ofuscamento devido à visão da abóbada celeste (AMORIM, 2007, p. 66).

¹⁴ De acordo com a NBR 5461 o fator solar de um envidraçamento é a razão da quantidade de calor que penetra num local através desse material, para a energia radiante solar que incide nele (ABNT, 1991, p.44).

Segundo Bell e Burt (1995, p.19) a “vista” de uma janela pode ser dividida em três partes (Figura 37).

- a) Superior (distante) – a vista do céu, acima do skyline natural ou urbano;
- b) Média – o objeto ou a cena. Ex.: contorno das edificações, campos, árvores, montanhas;
- c) Inferior – a base da cena. Ex.: piso, vegetação e pavimentos.

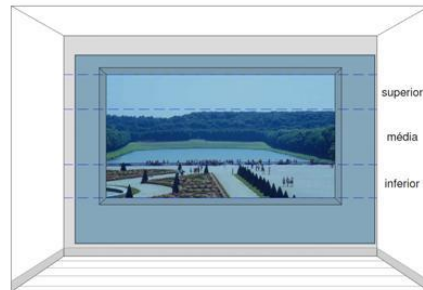


Figura 37 – Vista harmônica para o exterior. As três partes da vista são bem definidas (TOLEDO, 2008, p.27).

De acordo com esses autores, as vistas que contêm as três partes são mais satisfatórias para os usuários. Na prática isso não é sempre possível, mas se esta meta for perseguida desde o início do projeto, pode ser alcançada com mais facilidade. Vistas onde o céu não aparece costumam causar insatisfação (Figura 38) (BELL; BURT, 1995, p.19).

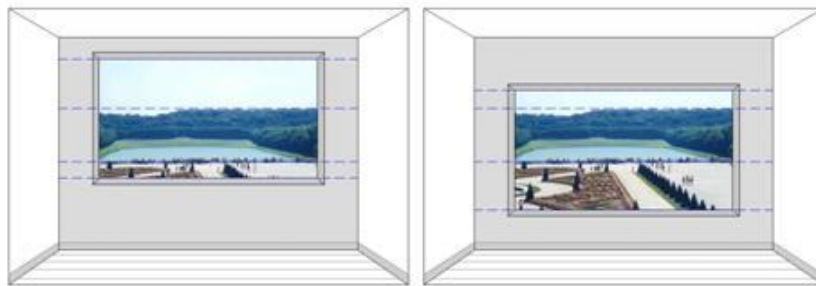


Figura 38 – Vistas indesejáveis para o exterior. Esquerda: abertura muito alta – vista desproporcional com muito céu. Direita: abertura muito baixa - vista desproporcional com pouco céu e muito solo (TOLEDO, 2008, p.28).

Bell e Burt (1995, p.25) afirmam que quanto mais alta a janela (coletor de luz) estiver posicionada maior será o fator de luz natural. Segundo eles, isso ocorre porque a luz de uma janela (coletor de luz) mais alta vem de uma parte mais alta e mais brilhante do céu e atinge o plano de trabalho em um ângulo mais íngreme.

Segundo Lam (1986, p.77) as janelas (coletores de luz) podem ser localizadas na parte baixa, média ou alta de uma parede.

As janelas (ou coletores de luz) baixas fornecem a iluminação mais uniforme em ambientes profundos através da distribuição da luz solar refletida no piso externo (Figura 39) (LAM, 1986, p.77).

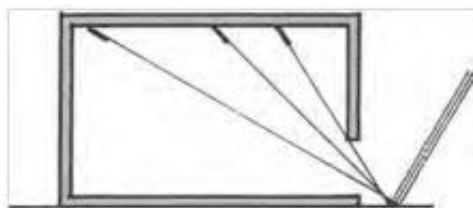


Figura 39 – Exemplo do comportamento da luz em Janelas baixas (LAM, 1986, p.77).

No entanto, apresentam algumas desvantagens:

- Podem causar desconforto por causa da luz refletida próxima ou abaixo do nível dos olhos, aumentando o ofuscamento no plano de trabalho (LAM, 1986, p.77).
- Quando utilizadas como fonte primária de iluminação, pode acontecer contraste. A privacidade também pode ser um problema no caso de janelas baixas. No entanto, esse tipo de janela minimiza o ofuscamento e o superaquecimento da luz solar direta. A penetração da luz solar direta é mantida perto da janela, ou seja, na área ao longo do perímetro da parede e, geralmente, abaixo do nível do olho. Quando se usa janelas baixas, o contraste com a parede superior e o teto adjacente pode parecer sombrio. O valor da vista de uma janela baixa depende da escala. Em ambientes com pé-direito alto esta vista pode ser adequada, mas no caso de pé-direito simples, normalmente é insatisfatória (Figura 40) (LAM, 1986, p.78).

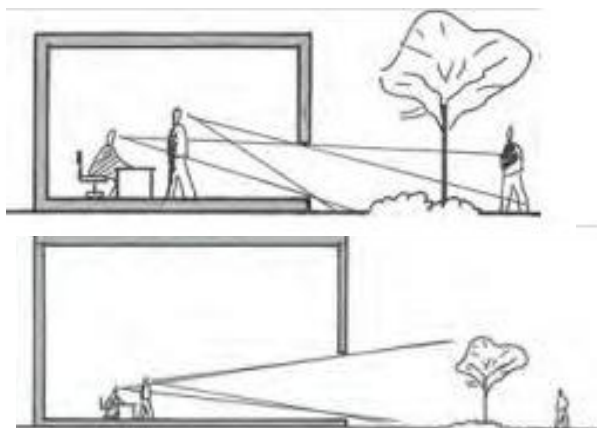


Figura 40 – Janelas baixas e suas vistas (LAM, 1986, p.78).

A porção mediana de uma parede não é tão boa quanto a parte inferior para a distribuição da luz solar refletida pelo piso para ambientes profundos, nem tão boa quanto a parte superior para a distribuição da luz difusa do céu em ambientes profundos (Figura 41) (LAM, 1986, p.80).

No entanto, geralmente fornece a melhor vista com menor ofuscamento. Uma desvantagem da janela média é a probabilidade de aumentar o potencial de reflexão nos monitores de computadores (LAM, 1986, p.80).

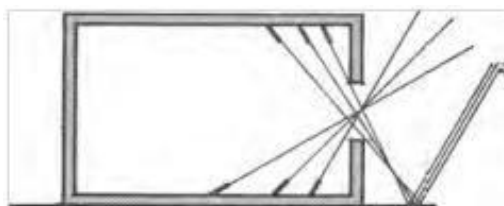


Figura 41 – Exemplo do comportamento da luz em janela média: não é ideal para a distribuição da luz solar ou luz do céu refletida a partir do piso (LAM, 1986, p.80).

As janelas (ou coletores de luz) altas permitem a penetração mais profunda da iluminação lateral para o plano de trabalho e menos luz nas áreas próximas da janela (Figura 42) (LAM, 1986, p.79).



Figura 42 – Exemplo do comportamento da luz em janela alta: proporcionam melhor distribuição da luz (LAM, 1986, p.79).

Além disso, são vantajosas do ponto de vista da privacidade e segurança, e ajudam a evitar ofuscamento nos monitores de computadores (LAM, 1986, p.79).

A principal desvantagem da janela alta é que ela fornece menor distribuição da luz no teto a partir da reflexão no piso. Além disso, podem aumentar a probabilidade de ofuscamento a partir da visão do céu e do sol, expondo a área mais brilhante do céu (LAM, 1986, p.79). De acordo com Lam (1986, p.79) a vista de uma janela alta provavelmente é menos satisfatória.

Bell e Burt (1995, p.25) orientam que se houverem obstruções tais como prédios opostos, o ideal é colocar as janelas mais altas.

Com relação à forma da janela ou coletor de luz, tem-se que:

Segundo Baker e Steemers (1993) a forma do coletor de luz difere muito. Uma primeira aproximação é definir a relação entre altura e comprimento. Explicam ainda que este parâmetro influencia principalmente na distribuição da luz do espaço iluminado, na qualidade da vista e no potencial para ventilação natural.

(i) Janela intermediária e janela horizontal:

Baker e Steemers (1993) afirmam que a janela é considerada intermediária quando a altura for igual ao comprimento (Figura 43) e é considerada horizontal quando o comprimento for duas vezes a sua altura (Figura 44).

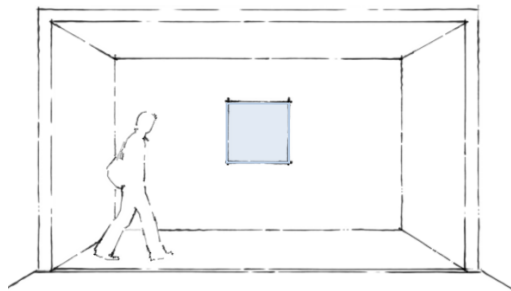


Figura 43 – Exemplo de janela intermediária.

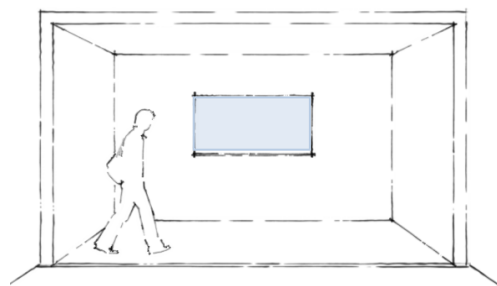


Figura 44 – Exemplo de janela horizontal.

Janelas ou coletores de luz intermediários e horizontais permitem a penetração lateral de radiação solar direta, vista para o exterior e ventilação natural (BAKER; STEEMERS, 1993).

Segundo Vianna e Gonçalves (2001) esse tipo de janela ou coletor de luz não proporciona uma iluminação uniforme no ambiente, isto é, o nível de iluminância diminui rapidamente com o aumento da profundidade.

(ii) Abertura zenital horizontal (Figura 45) e teto envidraçado (Figura 46):

Segundo Baker (2002) e Vianna e Gonçalves (2001), a abertura zenital horizontal (Figura 45 e 46), que pode ou não se localizar no centro do plano zenital caracteriza-se por ser uma abertura horizontal na cobertura do edifício. Requer maior manutenção devido à posição mais horizontal da superfície iluminante. É necessário cuidado em relação às questões térmicas; sua área não deve exceder a 10% da área de piso e

ainda não se pode esquecer que um nível maior de iluminância (lux), caso desse tipo de zenital, também significa maior ganho de calor, e portanto, maiores problemas térmicos, desconforto para o usuário, aumento do uso de ar-condicionado e maior consumo energético.

Nesse tipo de abertura zenital existe a dificuldade de sombreamento, já que os elementos que o fazem também reduzem a iluminância do local (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

Baker (1993) define teto envidraçado como:

“um espaço envolto lateralmente por um edifício e coberto com materiais que permitem a passagem de luz natural. É projetado para otimizar a luz do sol nos espaços adjacentes a ele”.

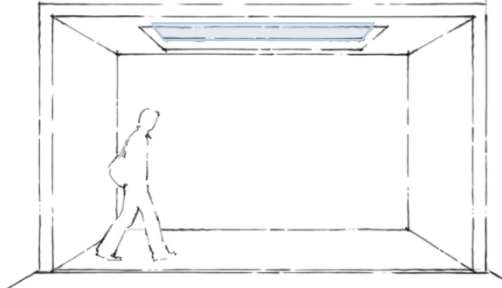


Figura 45 – Exemplo de abertura zenital horizontal.

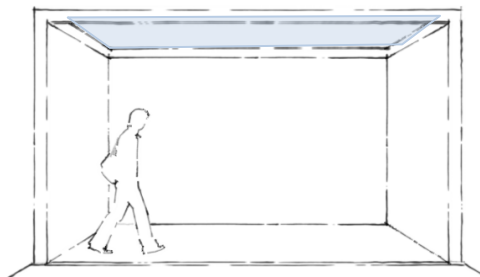


Figura 46 – Exemplo de teto envidraçado.

(iii) Parede Aberta ou cortina de vidro (Figura 47):

Segundo Baker e Steemers (1993) parede aberta ou cortina de vidro é:

“uma parede construída com materiais translúcidos, fazendo parte de um fechamento vertical do edifício. A superfície separa dois ambientes luminosos, permitindo a penetração de luz natural, que é difundida através do material translúcido, de forma homogênea. Pode ocupar uma área lateral inteira, de piso a teto, e a espessura pode variar de 5 a 30 cm, dependendo do material (tijolos de vidro, acrílicos, etc)”.

Vianna e Gonçalves (2001) afirmam que os peitoris envidraçados abaixo do plano de trabalho (altura de aproximadamente 0,85m) não contribuem para a iluminação local. A luz que penetra por esta parte da abertura está abaixo do plano de trabalho, por essa razão dificilmente incidirá sobre ele, não contribuindo para a iluminação neste ponto.

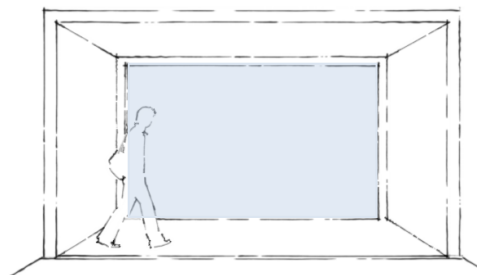


Figura 47 – Exemplo de parede de vidro ou cortina de vidro.

(iv) Janela vertical ou coletor de luz vertical:

A janela ou coletor de luz é considerada vertical quando a altura for duas vezes o seu comprimento (Figura 48). Esta permite uma distribuição de luz perpendicular à parede onde se situa, produzindo uma variação grande de distribuição luminosa durante o dia e gerando melhor iluminação nas zonas mais afastadas da janela (BAKER E STEEMERS, 1993).

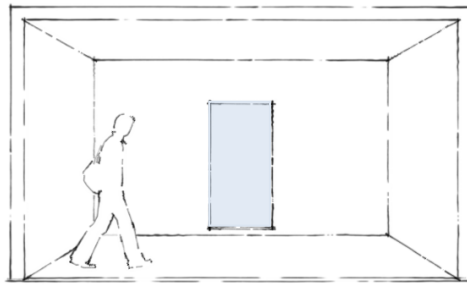


Figura 48 – Exemplo de janela vertical.

(v) Abertura zenital vertical (Figura 49):

Mascaró (1975) afirma que janelas largas situadas na parte superior da parede, ou seja, aberturas zenitais verticais dão faixa de luz diurna paralela à parede que às compõem, porém bastante alargada, até o fundo do local.

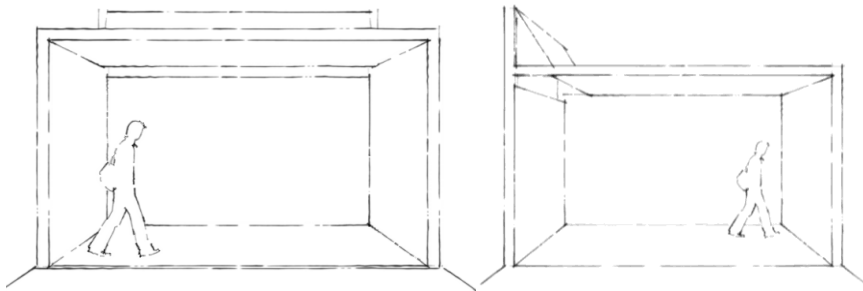


Figura 49 – Exemplo de abertura zenital vertical.

Já Vianna e Gonçalves (2001) esclarecem que esse tipo de abertura proporcionam maior profundidade na distribuição da luz natural, em função da relação entre a altura do piso e a parte superior da janela. Esse tipo de abertura melhora a uniformidade, pois a luz é levada mais para o fundo do ambiente.

2.3.11 Dimensão do Coletor de Luz

Existem duas formas de se chegar ao dimensionamento do coletor de luz. Uma delas é relativa ao percentual de abertura em relação à fachada. Esta forma é utilizada pelo RTQ-C, neste regulamento esta relação é denominada PAF (Percentual de Abertura na Fachada) e é importante para quantificar a influência das aberturas no comportamento térmico do edifício que está intimamente ligada à irradiação solar (BRASIL, 2009).

A relação entre a área de janela e a área de fachada do edifício é abordada com diferentes nomenclaturas e é utilizada como um critério de análise do desempenho da luz natural e/ou desempenho térmico do edifício. Tradicionalmente esta relação entre a área de fachada e área de janela é conhecida por WWR (Window Wall Ratio) (CINTRA, 2011, p.34).

A outra forma de se chegar ao dimensionamento do coletor de luz é relativa à área piso, esta segunda é normalmente utilizada nos códigos de obras municipais. Segundo estes os códigos o dimensionamento do coletor de luz relativo à área do piso, está relacionado à iluminação natural e à ventilação natural.

Nesta dissertação, adotou-se trabalhar com a dimensão do coletor de luz em relação à área da fachada como referência.

Baker e Steemers (1993) esclarecem que se houver mais de uma janela no mesmo ambiente, a soma das superfícies de todas as janelas deve ser considerada de um ponto de vista luminoso em relação à área do ambiente. Segundo eles, a seguinte classificação pode ser feita:

- Muito pouca área de abertura: menos de 1%
- Pouca área de abertura: de 1 a 4%
- Área média de abertura: de 4 a 10%
- Área grande de abertura: de 10 a 25%
- Área muito grande de abertura: mais de 25%

Como regra geral, pode-se dizer que área grande ou muito grande de abertura pode causar problemas térmicos e ofuscamento. Para prevenir isto, elementos de controle podem ser introduzidos (BAKER; STEEMERS, 1993).

Amorim (2007) em seu método – Diagrama Morfológico apresenta seis opções de dimensões de coletores solares: abertura lateral até 15%, de 15% até 30%, acima de 30%, abertura zenital até 15%, de 15% a 30% e acima de 30%.

Relacionando as opções de dimensões de coletores solares proposto por Amorim (2007) com a classificação de Baker e Steemers (1993) tem-se que:

- A opção de abertura lateral até 15% (AMORIM, 2007) engloba as três primeiras opções (Muito pouca área de abertura: menos de 1%, Pouca área de abertura: de 1 a 4%, Área média de abertura: de 4 a 10%) proposta por Baker e Steemers (1993).
- A opção de abertura lateral de 15% a 30% (AMORIM, 2007) corresponde à quarta opção de dimensão de coletor (Área grande de abertura: de 10 a 25%) proposta por Baker e Steemers (1993).
- E por fim, a opção de abertura lateral acima de 30% (AMORIM, 2007) corresponde à área muito grande de abertura: mais de 25% proposta por Baker e Steemers (1993).

Dessa forma, pode-se afirmar com base em Baker e Steemers (1993) e Amorim (2007) que a dimensão do coletor maior que 25% a 30% não é recomendado, pois pode causar problemas ao conforto visual dos usuários e problemas térmicos.

Já Lam (1986) coloca algumas particularidades da dimensão do coletor de luz lateral:

A vista para o exterior pode ser muito melhor que a do interior; contudo, essa diferença de brilho será perturbadora se existir um forte contraste¹⁵ entre os dois (o pior caso: uma pequena abertura no meio de uma parede escura). Ao iluminar a área de parede perto da janela cria-se uma área de transição que diminuirá o contraste da abertura (LAM, 1986, p.13).

O alto contraste entre a janela e seu entorno é uma das causas do ofuscamento (HOPKINSON et al., 1966, p.330). Isso ocorre porque a janela, com a luz que a atravessa, parece muito brilhante em relação à luz refletida das superfícies que a circundam. Tal efeito será exacerbado se a janela for pequena e localizada no meio de uma parede com pouca espessura e em recintos com baixo nível de iluminação (BROWN; DEKAY, 2004, p.174).

Existem orientações que relacionam as dimensões de coletores de luz com a área de piso. Esse é o caso do RTQ-R (BRASIL, 2010) que ressalta que o acesso à iluminação natural em ambientes de permanência prolongada deve ser garantido por uma ou mais aberturas para o exterior e que a soma das

¹⁵ Contraste é a diferença relativa de luminâncias entre um determinado objeto e seu entorno. Diferença de luminâncias significam contrastes de cores. $C = (L \text{ objeto} - L \text{ fundo}) / L \text{ fundo}$. (VIANNA e GONÇALVES, 2001, p. 74).

áreas de aberturas para iluminação natural desses ambientes deve corresponder a no mínimo 1/8 da área do piso. Para o cômputo desta área é considerada apenas a área passível de desobstrução total, excluindo caixilhos.

Levando em conta os valores da superfície envidraçada pela área da superfície de piso Mascaró (1991) orienta que pode-se dimensionar corretamente as aberturas por meio dos parâmetros de cálculo e pré-dimensionamento de aberturas da Tabela 12¹⁶.

“Estes valores representam o limite entre os quais está assegurado um nível mínimo de iluminação e não ocorrem excessos de ganhos ou perdas térmicas.” (MASCARÓ, 1991).

Tabela 12 – Parâmetro de cálculo e pré-dimensionamento de aberturas.

Relação entre superfície envidraçada (Sv) e Superfície do Local (SL)	Fatores que influem		Correções e Recomendações	
	Profundidade do local		1 ½ a distância entre o piso e a borda superior da janela	
	Orientação da abertura	N-S E-W	Sv/SL=15% Sv/SL=10%	A Sv deve ser considerada a partir de 0,80m do piso Até 0,95m as condições se mantêm

(Fonte: MASCARÓ, 1991)

Outro aspecto relacionado à dimensão do coletor de luz é a vista para o exterior. Essa vista vai depender da posição do usuário em relação à mesma e de sua área mínima. A Tabela 13 apresenta relações entre profundidade máxima do ambiente e área mínima do coletor na parede, essa relação é válida para janelas localizadas em uma única parede (BELL; BURT, 1995, p.18) (TREGENZA E LOE, 1998).

Tabela 13 - Área mínima de janela para garantir vista para o exterior.

Profundidade máxima da sala - P (em relação à parede com janela)	Área mínima de janela na parede (vista do interior - %)
P ≤ 8m	20
8 < P ≤ 11m	25
11 < P ≤ 14m	30
P > 14m	35

(Fonte: BELL; BURT, 1995, p.18).

Dessa maneira, nota-se que existem vários métodos para se chegar ao dimensionamento de um coletor de luz em projetos. Ao mesmo tempo, pode-se concluir que este é um aspecto extremamente relevante para o projeto arquitetônico porque é ele que irá definir e condicionar não só a iluminação natural como também ganhos térmicos, que em determinados casos não é favorável em função das questões climáticas de cada localidade. Dessa forma, além de escolher por um destes métodos cabe ao profissional fazer uma intersecção disso com as questões climáticas de cada localidade e com as necessidades de cada fachada e de cada tipologia de projeto.

2.3.12 Controle de Entrada de Luz

De acordo com Amorim (2007, p.67), o controle da entrada de luz pode ser realizado por meio de inúmeros aparatos:

¹⁶ Este enfoque de “proporções de áreas” é destinado ao uso de luz natural aplicada a locais de atividades laborativas, produtivas e com necessidade de acuidade média a alta, como, por exemplo, salas de aula e escritórios (MASCARÓ, 1991).

“incluindo o próprio peitoril da janela, as prateleiras de luz, beirais, brises, dutos de iluminação com espelhos, persianas ou cortinas reflexivas, etc. Segundo ela, o uso destes elementos irá influenciar na quantidade e qualidade da luz natural, na carga térmica e na ventilação do ambiente. Esta proteção terá maior efeito com relação ao calor se for externa, sendo que os elementos internos como cortinas têm maior efeito de controle da luminosidade”.

Dentre os inúmeros aparatos de controle de entrada de luz pode-se citar: os brises, beirais ou toldos, cobogós, vidro ou película para proteção solar, peitoril, prateleira de luz, cortina ou persianas. Os brises, beirais e cobogós além de serem considerados aparatos para controle de entrada de luz também são proteções solares. Por esse motivo, suas definições e abordagens não são aprofundadas aqui por terem sido tratadas no item 2.3.9 - Proteções Solares nas Fachadas.

(i) Toldos:

O toldo é um elemento de controle feito em material flexível opaco ou difusor, colocado no exterior de um componente de passagem para obstruir ou difundir a radiação solar direta (BAKER; STEEMERS, 1993). Podem ser considerados como um tipo de brise horizontal, pois apresentam o mesmo conceito que este tipo de elemento - eixo horizontal paralelo à fachada a ser protegida e também ao plano. São mais eficientes nas horas do dia em que o sol está mais alto e menos eficientes nas horas próximas ao nascer e por do sol (BITTENCOURT, 2004).

Os toldos reduzem a profundidade de penetração da luz nos ambientes, no entanto melhoram a uniformidade, diminuem o ofuscamento (pois contribui para diminuir os altos valores de iluminância próximos às aberturas). Esse tipo de controle de entrada de luz é eficiente pois reduz a incidência direta da radiação solar e impede o contato dos raios diretos do sol com a superfície transparente da janela (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

(ii) Vidro ou película para controle solar:

Lamberts (1998, p.56) afirma que as trocas de energia (luz e calor) entre os meios externos e internos se relacionam diretamente com a o envelope ou fachadas da edificação. Por esse motivo, deve-se considerar os problemas que podem intervir neste elemento de uma edificação. Um dos problemas a ser considerado é a radiação solar, pois cada material que integra a fachada de uma edificação se comporta de maneira diferenciada quando se leva em conta esse fator. Normalmente, existem os fechamentos opacos e os transparentes cuja diferença é a capacidade (fechamentos transparentes) ou incapacidade (fechamentos opacos) de transmitir a radiação solar para o ambiente interno.

Os fechamentos transparentes (janelas, claraboias e qualquer outro elemento transparente presente na arquitetura) são os grandes responsáveis pelas trocas térmicas em uma edificação. Isso ocorre, principalmente em função da radiação que é diretamente transmitida para o interior (LAMBERTS, 1998, p.64). Segundo a NBR 5461 transmissão da luz é a passagem de uma radiação através de um meio, sem mudança de frequência das radiações monocromáticas que a compõem (ABNT, 1991, p.22).

A quantidade de radiação que é transmitida para o interior de uma edificação irá depender da transmissividade do vidro.

A admissão da luz pode ter interferência ou não, a depender do tipo de envidraçado utilizado em uma edificação. O envidraçado transparente proporciona a transmissão direta da luz e de maneira concentrada, ocasionando os seguintes problemas quando não controlada: grande admissão de calor nos períodos quentes, com desconforto térmico interior; ofuscamento e degradação de materiais. Já os envidraçados translúcidos proporcionam a transmissão difusa com luz distribuída, minimizando os problemas antes citados (BOGO, 2011).

De acordo com Lamberts (1998, p.67, 68, 69, 70) pode-se classificar os tipos de vidros mais utilizados na construção civil basicamente em cinco categorias:

1º Vidro simples (transparente) – altamente transparentes a ondas curtas o que proporciona boa visibilidade e alta transmissividade da radiação solar para o interior e opacos a ondas longas o que causa o efeito estufa¹⁷.

2º Vidro verde – é também conhecido como absorvente, é levemente pigmentado para diminuir a transmissão da onda curta com somente um pequeno aumento na absorção da parte visível.

3º Películas e vidros absorventes (fumê) – tem como objetivo diminuir a transmissão da onda curta, porém, isso é feito com a absorção nesse comprimento de onda que diminui bastante a transmissividade visível (visibilidade). Esta solução pode implicar gastos desnecessários de energia para iluminação artificial. Como o vidro simples, estes são também altamente absorventes à radiação de onda longa e pouco reflexivos a ondas longas e curtas.

4º Películas e vidros reflexivos – As películas reflexivas são compostas por uma camada metálica em um substrato transparente, produzindo uma aparência de espelho. Os vidros reflexivos tem uma espécie de película reflexiva incorporada em sua constituição. Existem películas mais reflexivas à onda longa (reduzem as perdas de calor para o exterior) e outras mais reflexivas à onda curta (reduzem o ingresso de calor), e também películas reflexivas em ambos os espectros. Esse tipo de película ou vidro também apresentam reduções na sua capacidade de transmitir a radiação visível.

5º Plásticos (policarbonatos, acrílicos entre outros) – são altamente transparentes à onda longa.

O vidro ou película para controle solar podem contribuir para amenizar a quantidade de luz direta que entra em um ambiente. No entanto, pode trazer problemas com a redução de luz (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

A Tabela 14 apresenta o percentual de transmissão da radiação solar e o fator solar para alguns tipos de vidros segundo ASSIS (1997).

Tabela 14 – Tabela com fatores de transmissão solar e fator solar para alguns vidros.

Coeficiente de Transmissão Vidros Suncool Monolítico 6mm			
Código	Cor	Transmissão da Radiação Solar Visível (%)	Fator Solar
Ei	Prata	43	56
Ebg	Blue/Green	33	41
Ec	Cinza	20	43
Eb	Bronze	25	43
Ea	Azul	25	40

Fonte: (ASSIS, 1997).

A Tabela 15 apresenta o fator de transmissão da radiação solar e o fator solar de alguns tipos de materiais segundo Baker (1993).

Tabela 15 – Tabela com fatores de transmissão solar e fator solar de alguns materiais.

Propriedade de materiais transparentes especulares					
Material	Fabricante	Referência	Cor	Fator de Transmissão	Fator Solar
Vidro transparente	St Gobain	Plannilux 4mm	-	0,90	0,88
Vidro de baixa emissividade	St Gobain	Eko 4mm	-	0,80	0,80
Vidro colorido	St Gobain	Parsol	variado	0,27 a 0,61*	0,48 a 0,78*
Vidro laminado	St Gobain	Stadip 44-2	-	0,89	0,82
Vidro Reflexivo	St Gobain	Parelio 6mm	variado	0,29 a 0,59*	0,41 a 0,61*
Policarbonato	Axxi PC	PC 111		0,86	0,87

*Depende da cor e da espessura

Fonte: (Adaptado de BAKER et al, 1993, p.4.9).

¹⁷ Uma vez transmitido para dentro, o calor encontra dificuldades em sair pelo vidro, sendo então acumulado no interior do ambiente (LAMBERTS, 1998, p.68).

Assim, observando as Tabelas 14 e 15 é possível verificar que quanto maior o fator solar de um material maior será o impacto na quantidade de luz natural que entra em um ambiente. Dessa forma, o conhecimento das características de cada material que pode compor os fechamentos transparentes de uma edificação se torna crucial para obter melhores condições de iluminação natural e menor ganho térmico.

(iii) Peitoril:

O peitoril é um elemento colocado horizontalmente na parte inferior de uma janela, que pode refletir e redirecionar a luz natural, aumentando o nível de iluminação do ambiente adjacente. As dimensões são determinadas pelo tamanho da abertura e a espessura da parede (BAKER; STEEMERS, 1993). O peitoril reduz a profundidade de penetração da luz nos ambientes, no entanto, melhora a uniformidade, diminui o ofuscamento (pois contribui para diminuir os altos valores de iluminância próximos às aberturas). Esse tipo de controle de entrada de luz é eficiente, pois reduz a incidência direta da radiação solar e impede o contato dos raios diretos do sol com a superfície transparente da janela (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

(iv) Prateleira de luz:

As prateleiras de luz (Figura 50) são estruturas horizontais adicionadas à parte superior das aberturas laterais e têm como objetivo redirecionar parte da luz direta e difusa incidente para o plano do teto (VIANNA e GONÇALVES, 2001). Este tipo de controle de entrada de luz gera dois tipos de interferências: sombreamento na parte do interior perto da janela e aumento da iluminância nas partes mais profundas do espaço (por causa da reflexão de luz difusa pelo teto).

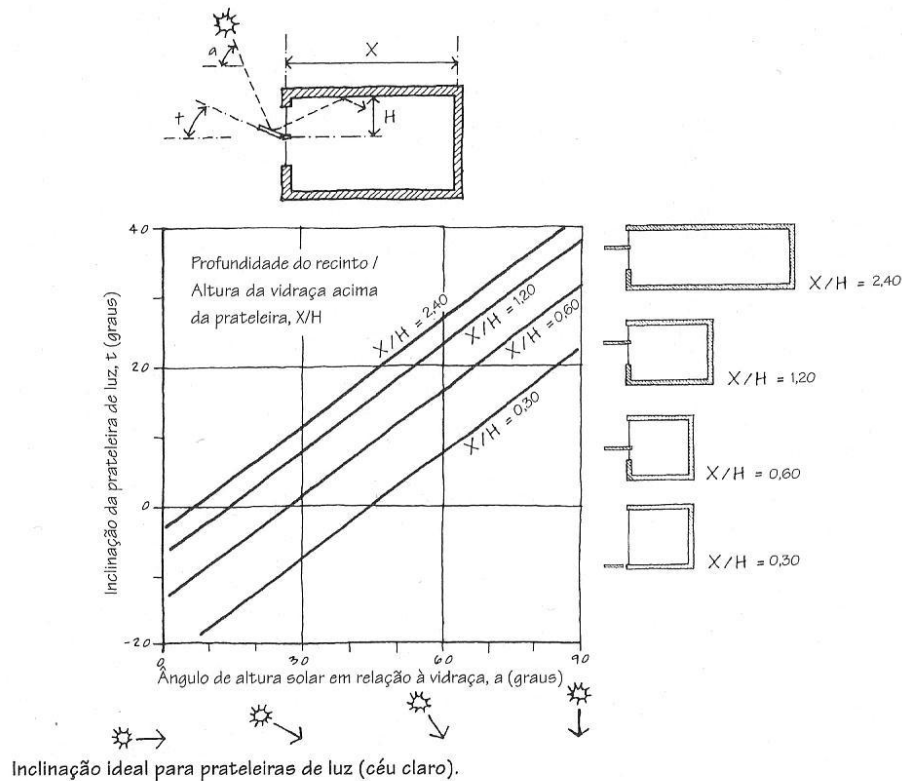
Segundo Vianna e Gonçalves (2001) as prateleiras de luz são mais eficientes se utilizadas na parte exterior das janelas, porque recebem mais luz pela área da face superior exposta à abóbada celeste. Podem ser feitas em vários materiais, sendo que a superfície superior pode ser revestida com materiais refletores, como alumínio, espelho, etc. Os tamanhos dependem da latitude e dos ângulos solares (BAKER; STEEMERS, 1993).



Figura 50 – Exemplo de Prateleira de Luz (Fonte: <http://3rings.designerpages.com>).

A prateleira de luz deve ser tão baixa quanto possível, sem interferir na visibilidade na parte inferior da janela e deve refletir profundamente o máximo de luz possível (BROWN; DEKAY, 2004, p.279). Esses autores apresentam no Gráfico 2 um método para definir a inclinação ideal para prateleira de luz para céu claro.

Gráfico 2 - inclinação ideal para prateleira de luz (para céu claro).



(Fonte: BROWN; DEKAY, 2004, p.280)

(v) Cortina ou persiana:

A cortina (Figura 51) pode ser descrita como um elemento de controle, feito em material flexível opaco ou difusor, colocado dentro de um componente de passagem para proteger a visão e obstruir ou difundir a radiação solar direta (BAKER; STEEMERS, 1993).

Figura 51 – Exemplo da utilização de cortina (Fonte: www.persilar.com.br).

A persiana (Figura 52) é um elemento externo ou interno composto de proteções em lamelas¹⁸ colocadas sobre a superfície total de uma janela. Permite o controle da radiação solar direta e regula a

¹⁸ As lamelas são uma série de faixas externas que podem ser fixas ou ajustáveis, verticais ou horizontais. Normalmente cobrem a abertura totalmente, mas podem cobrir uma superfície maior, incluindo as paredes que circundam a abertura. Dependendo da

entrada de luz. As lamelas podem ser móveis ou fixas, feitas em madeira, plástico, alumínio, etc. Protege contra a vista do exterior permitindo a ventilação natural (BAKER; STEEMERS, 1993).



Figura 52 - Exemplo da utilização de cortina (Fonte: www.persianasdee.com.br).

A ausência de cortina ou persiana pode acarretar um forte contraste provocado pelo alto nível de iluminância das áreas próximas às aberturas em relação às áreas mais afastadas destas mesmas aberturas, requerendo iluminação adicional a fim de reduzir esses contrastes à níveis visualmente confortáveis (BITTENCOURT, 2004).

Esse tipo de controle de entrada de luz protege os usuários do ofuscamento, no entanto, não impedem a entrada dos raios solares no ambiente através da superfície de vidro desprotegida. Dessa forma, pode-se dizer que esse tipo de controle de entrada de luz deve ser utilizado em conjunto com outro tipo de controle de entrada de luz externo (brises).

2.3.13 Refletância do teto, paredes e piso

Segundo Lamberts (1998) a boa iluminação deve ter direcionamento adequado e intensidade suficiente sobre o local de trabalho, bem como proporcionar boa definição de cores e ausência de ofuscamento. Os ambientes construídos (internos ou externos) devem ser iluminados para permitir o desenvolvimento adequado de tarefas visuais (leitura, visão, manufatura, consertos entre outros).

Ao arquiteto, cabe, principalmente, intervir na iluminação natural indireta, uma vez que ele é quem define a forma, o tamanho e o acabamento das superfícies, variáveis essas que irão influenciar nesse fenômeno. A luz refletida no interior do ambiente proporciona importante contribuição na distribuição luminosa. De acordo com Lynes (1968), a luz refletida internamente dependerá não somente dos fatores de reflexão das paredes, mas também da forma do ambiente.

Egan e Olgyay (2002) afirmam que, numa sala, o teto é a melhor superfície para receber e refletir a luz, contribuindo até 80% para a iluminação desta. As paredes contribuem para refletir até 50% da luz e o chão até 20%. As superfícies devem ser de cor clara, e os materiais refletivos. Para tirar maior partido do teto, este deve ser alto, de forma a distribuir melhor a luz e, melhorar assim a iluminação no plano de trabalho. O teto deve ser uma superfície única, com uma forma suave e inclinada para maximizar o nível de iluminação conforme mostra a Figura 53.

orientação das faixas, a radiação solar direta que cai pode ser obstruída e/ou refletida e/ou redirecionada para a zona interna. Podem ser em aço galvanizado, alumínio anodizado, PVC, madeira, etc (BAKER; STEEMERS, 1998).

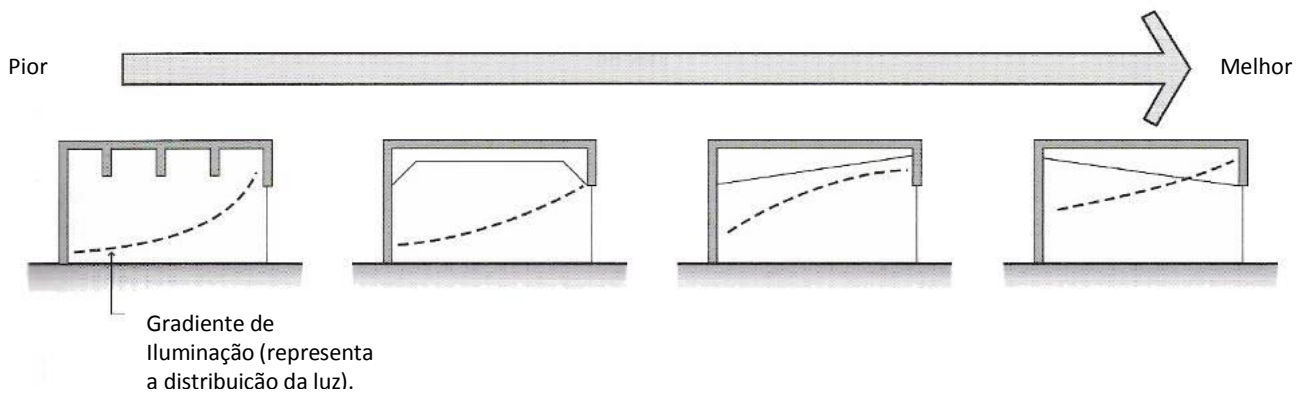


Figura 53 - Nível de iluminação natural no interior de uma sala conforme a forma do teto (EGAN, 2002, p.109).

Vianna e Gonçalves (2001) sugerem que ambientes que possuem caráter laborativo, produtivo e atividades com certa acuidade visual que se defina as seguintes cores para teto (cores claras, de preferência o branco), paredes (claras) e piso (qualquer cor, pois interfere pouco na em termos de luz refletida no plano de trabalho).

O RTQ – R (BRASIL, 2010) orienta que ambientes de permanência prolongada deve ter refletância do teto acima de 60%.

Além de levar em conta as questões das refletâncias internas dos ambientes, os profissionais devem se atentar para a necessidade e importância do controle e integração da iluminação natural com a iluminação artificial. Este aspecto é mais bem apresentado no tópico a seguir.

2.3.14 Controle e Integração da Iluminação Artificial

O controle e integração da iluminação artificial têm interferência direta com a eficiência energética do edifício. O bom uso dos controles e da integração da luz artificial poderá proporcionar maior conforto luminoso, redução de contrastes e ofuscamentos e economia energética (AMORIM, 2007).

De acordo com Lamberts (1998) a função de um sistema de controle de luz é fornecer a quantidade adequada de luz onde e quando ela é necessária, enquanto minimiza o consumo de energia elétrica. Assim, fica claro que além de definir as questões relativas à iluminação natural o arquiteto terá que definir como ela irá ser integrada à iluminação artificial, e definir também os sistemas de controle e integração destes dois tipos de iluminação que se complementam.

Esse autor afirma ainda, que na arquitetura residencial e, principalmente, na comercial, o uso de sistemas de controle da iluminação artificial e a adequada especificação do tipo de lâmpada e de luminárias são premissas básicas ao bom projeto luminotécnico e, em consequência, ao conforto visual das pessoas e à eficiência energética do edifício.

Existem alguns dispositivos de controle da luz elétrica que podem contribuir com uma melhor integração da iluminação natural com a artificial, são eles:

- (i) On/off manual: neste sistema o usuário acende e apaga a luz manualmente.
- (ii) On/off com sensor: o acendimento e desligamento do sistema de iluminação artificial é controlado por um sensor.
- (iii) Dimmer manual: o usuário pode controlar a intensidade (de zero a 100%) de uma fonte de luz.
- (iv) Dimmer com sensor: tem como função controlar a intensidade de luz da artificial para que o nível de iluminância de uma superfície se mantenha sempre a mesma.
- (v) Sensor de presença ou temporizador: o sensor de presença responde à presença e à ausência de pessoas no campo de ação do sensor, já o temporizador é acionado e se

preestabelece um tempo para o seu uso, depois disso, as luzes são apagadas automaticamente (LAMBERTS, 1998).

No caso de edifícios comerciais e públicos, há uma necessidade clara de se integrar as questões de sistemas naturais e artificiais (de condicionamento e de iluminação), pois os sistemas artificiais podem ser imprescindíveis para a boa produtividade. Nesse sentido, utilizar a iluminação natural como estratégia para auxiliar na redução do consumo por iluminação artificial é fundamental. Para isso, o arquiteto precisa trabalhar a iluminação artificial e natural de maneira integrada (LAMBERTS, 1998).

Concluída a revisão bibliográfica referente aos temas pertinentes a esta dissertação é apresentada no capítulo seguinte a metodologia para o aprimoramento e validação do Método de Análise e Projeto com Foco em Conforto Ambiental e Iluminação Natural – Diagrama Morfológico.

3 MÉTODO

Este capítulo descreve as etapas empregadas para realizar o diagnóstico, aprimoramento e validação do Método de Análise e Projeto Ambiental com uso de Iluminação Natural – Diagrama Morfológico.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, inicialmente focou-se no estudo do referencial bibliográfico, este proporcionou subsídios para a construção das etapas seguintes. Dessa forma, conforme pode ser observado no Mapa Metodológico (Figura 54) para a realização desta pesquisa, o trabalho seguiu as seguintes etapas:

ETAPA 1: Revisão Bibliográfica;

ETAPA 2: Diagnóstico do Método de Análise e Projeto Ambiental com uso de Iluminação Natural – Diagrama Morfológico;

ETAPA 3: Aprimoramento e Implementação do Diagrama Morfológico em programa computacional;

ETAPA 4: Validação do Método Diagrama Morfológico com edifícios já construídos;

ETAPA 5: Resultados e discussões;

ETAPA 6: Considerações Finais. Estas seis etapas são detalhadas a seguir.

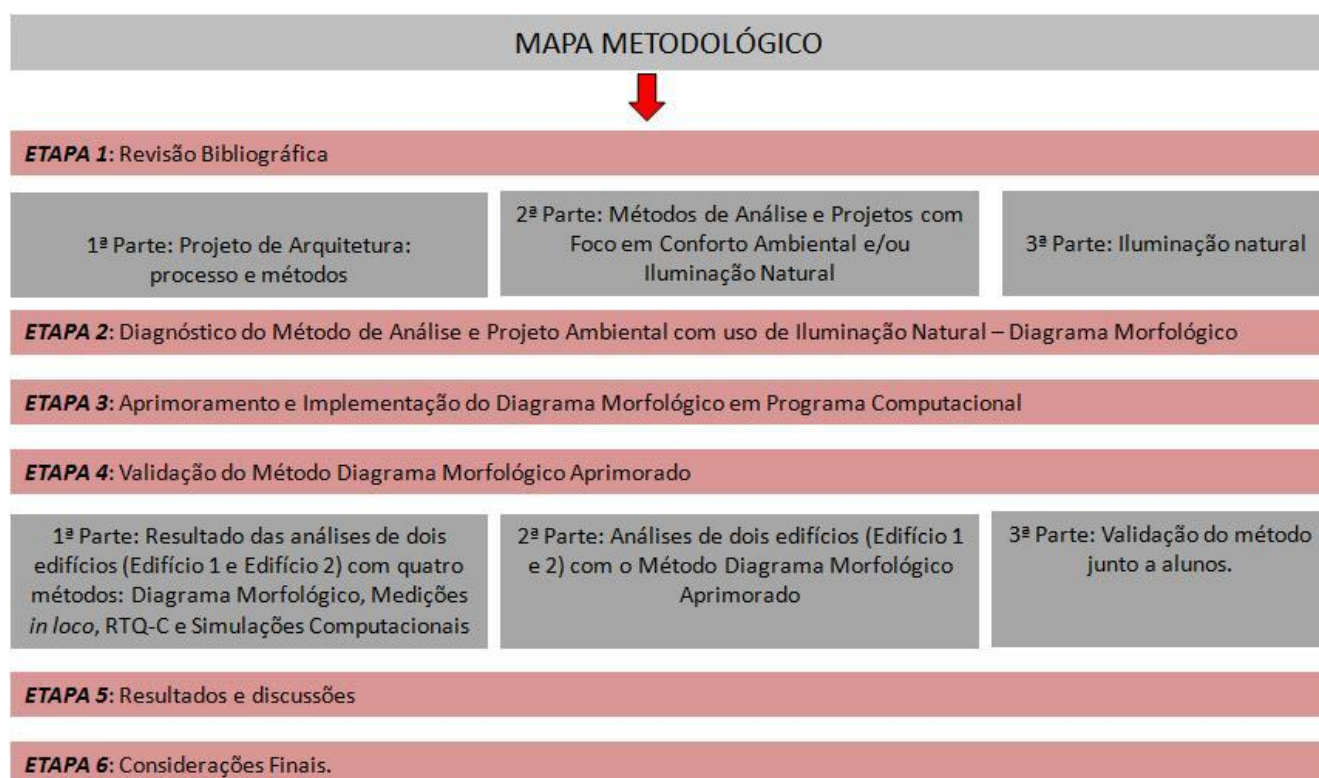


Figura 54 – Mapa Metodológico

3.1 ETAPA 1: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta etapa contempla a compilação dos temas relativos ao Projeto de Arquitetura: processos e métodos; Métodos de Análise e Projetos com Foco no Conforto Ambiental e/ou Iluminação Natural e Iluminação Natural, como apresentado anteriormente. O aprimoramento do método Diagrama Morfológico foi pautado nas referências bibliográficas analisadas.

3.2 ETAPA 2: Diagnóstico do Método de Análise e Projeto Ambiental com uso de Iluminação Natural – Diagrama Morfológico;

O Diagrama Morfológico é um método utilizado para a realização de análise projetual que avalia o conforto ambiental e iluminação natural (ver estrutura do método na Tabela 2, página 17,). Este método é utilizado em cursos de graduação e pós-graduação, principalmente na UnB (Universidade de Brasília). Dessa forma, para realização desta parte do trabalho foram utilizadas 25 análises de Diagramas Morfológicos aplicados por alunos da graduação no curso de Arquitetura e Urbanismo da UnB e 97 aplicados por alunos da pós-graduação (mestrado e especializações), totalizando 122 análises já realizadas com o referido método.

Para auxiliar na elaboração do diagnóstico dos 122 Diagramas Morfológicos já aplicados, foi elaborada uma tabela (Tabela 16) onde foram inseridos todos os dados que compõe o Diagrama Morfológico, tais como:

- Dados referentes à edificação: nome da edificação, tipologia, localização, latitude, longitude, altitude, nome do arquiteto e data do projeto.
- Dados referentes ao clima: tipo do clima, temperatura média anual, temperatura média mensal (das máximas), temperatura média mensal (das mínimas), horas de insolação, ventos (direção e velocidade).
- Dados referentes à análise do espaço urbano (Nível I do Diagrama Morfológico): A (Desenho Urbano), B (Refletância das Fachadas), C (Especularidade das Fachadas) e D (Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada).
- Dados referentes à análise do Edifício (Nível II do Diagrama Morfológico): E (Planta Baixa e Forma), F (Taxa de Abertura nas Fachadas), G (Distribuição das Aberturas nas Fachadas), H (Proteções Solares nas Fachadas), I (Aberturas Zenitais), J (Mecanismos de Ventilação Natural).
- Dados referentes à análise do Ambiente Interno (Nível III do Diagrama Morfológico): L (Planta Baixa), M (Posição do Coletor de Luz), N (Dimensão do Coletor de Luz), O (Forma do Coletor de Luz), P (Controle da Entrada de Luz), Q (Controle da Ventilação Natural), R (Controle e Integração da Iluminação Artificial).
- Existência de informações sobre uma avaliação crítica do projeto analisado.

Posteriormente a isso, a tabela foi preenchida com todas as informações referentes às análises realizadas pelos alunos de graduação e pós-graduação (122 análises).

No diagnóstico das análises dos Diagramas Morfológicos aplicados em projetos, foram avaliados os seguintes aspectos:

- a) existência de equívocos na utilização dos ícones do Diagrama Morfológico e análise de quais são os equívocos mais recorrentes;
- b) verificação se as análises realizadas com o método em questão apresentavam análise crítica dos pontos a serem otimizados em projeto;
- c) verificação e análise de quais variáveis poderiam ser retiradas do Diagrama Morfológico;
- d) verificação e análise de quais variáveis deveriam ser readequadas e;
- e) avaliação de inserção de novas variáveis.

Ao final do preenchimento da Tabela 16, foram diagnosticados os itens que necessitavam de aprimoramento para se tornarem mais completos e possibilitar uma análise projetual com foco em iluminação natural.

É importante esclarecer que o diagnóstico que é apresentado neste trabalho é referente ao **método de análise** e não referente à qualidade das análises realizadas com esse método.

Estes resultados e informações serão apresentados no capítulo 4 - Resultados e Discussões.

3.3 ETAPA 3: Aprimoramento e Implementação do Método em Programa Computacional

Pautado no Diagnóstico das análises dos 122 Diagramas Morfológicos já aplicados a projetos e na Revisão Bibliográfica referente à Iluminação Natural (item 2.3 da Revisão Bibliográfica) foram elaboradas as propostas de aprimoramento do referido método.

No aprimoramento do método foram elaboradas observações relativas a todos os parâmetros e variáveis do Diagrama Morfológico. Estas observações têm como objetivo direcionar e alertar a análise quanto aos aspectos que podem interferir na eficiência da iluminação natural.

Todas estas observações podem ser verificadas no item 4.2 (Aprimoramento e Implementação do Método Diagrama Morfológico em Programa Computacional).

Depois de passar pelo aprimoramento, o Diagrama Morfológico foi implementado em um programa computacional. O programa foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação PHP (<http://www.php.net>) com a utilização do Framework 'Zend Framework' (<http://framework.zend.com/>). O banco de dados utilizado foi o MySQL (<http://www.mysql.com>).

O programa é de acesso livre e se localiza no seguinte site www.deborafelix.com.br. Posteriormente ao término do trabalho, será criado um link no site da UnB para que os alunos e profissionais possam fazer análises de projetos por meio deste programa.

Considerando a iluminação natural no projeto em análise, deve-se proceder a avaliação de cada variável de todos os parâmetros do método. Esta avaliação deve seguir uma escala numérica e de cor que varia de 1 a 6, onde 1 = muito ruim (cor vermelha), 2 = ruim (cor laranja), 3 = razoável – (cor amarelo escuro), 4 = razoável + (cor amarelo claro), 5 = bom (cor verde claro) e o 6 = muito bom (cor verde escuro). Desta forma facilita-se a leitura do relatório final gerado pelo programa, direcionando os itens que devem ser aprimorados no projeto.

As análises realizadas com o Diagrama Morfológico implementado em programa computacional são armazenadas no site. Estas são de domínio público, para que de fato seja criado um banco de dados de projetos referenciais.

3.4 ETAPA 4: Validação do Método Diagrama Morfológico

Esta etapa do trabalho foi dividida em três partes, a saber:

1ª parte: Resultado das análises de dois edifícios¹⁹ já construídos (Edifício 1 e Edifício 2) com quatro métodos: Diagrama Morfológico antes de passar pelo aprimoramento, Medições de iluminação in loco, RTQ-C e Simulações Computacionais de Iluminação Natural

Para validação do Método Diagrama Morfológico foram selecionados dois edifícios (Edifício 1 e 2) com tipologia de serviço/público, ambos já construídos e localizados no campus da Universidade de Brasília.

A escolha destes dois edifícios para validar o Diagrama Morfológico justifica-se pelo fato de existirem análises concluídas referentes ao conforto ambiental, iluminação natural e eficiência energética. Estas análises foram realizadas no âmbito da disciplina "Iluminação Natural e Qualidade Ambiental no Espaço Construído", pelos alunos do mestrado do PPG-FAU do primeiro semestre de 2010.

A escolha por parte dos alunos por estes dois edifícios justifica-se por serem considerados intuitivamente edifícios exemplares do ponto de vista da iluminação natural, inserção climática e conforto ambiental.

¹⁹ Edifício 1 corresponde à Casa do Professor e Edifício 2 corresponde ao Edifício Fiocruz (ambos já construídos).

As análises realizadas por estes alunos foram subsidiadas por quatro métodos diferentes e complementares:

- Diagrama Morfológico (antes de ser aprimorado);
- Medições *in loco* de iluminâncias de ambientes representativos das condições gerais de iluminação natural;
- Avaliação do nível de eficiência energética da envoltória, tendo como base o RTQ-C (Regulamento Técnico de Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicas);
- Simulações computacionais de ambientes representativos com o programa Daysim/Radiance para a determinação das condições de iluminação natural através dos parâmetros de Daylight Autonomy; Continuous Daylight Autonomy e Useful Daylight Autonomy (REINHART, 2010).

É importante esclarecer que pelo resultado das análises dos alunos do mestrado, o Edifício 1 foi avaliado positivamente e o Edifício 2 negativamente, ambos do ponto de vista do uso da iluminação natural e do conforto ambiental. Além disso, faz-se necessário explicar que os resultados destas análises não são comparados individualmente com os resultados das análises geradas pelo Diagrama Morfológico, pois são diferentes, no entanto são complementares. São comparados apenas os resultados finais de cada análise, porque estes sim devem ser coincidentes para se concluir que o método utilizado é fidedigno²⁰ ou não.

2ª parte: Análises de dois edifícios já construídos (Edifício 1 e 2) com o Diagrama Morfológico aprimorado e implementado em programa computacional e;

Para testar o método Diagrama Morfológico após ser aprimorado e implementado em programa computacional, o mesmo foi utilizado para a realização de análises de dois edifícios já construídos (Edifício 1 e 2) (GÜNTER, 2011). Esta aplicação do método seguiu os seguintes passos:

- O Método Diagrama Morfológico foi aplicado junto a 60 alunos²¹ de graduação do curso de arquitetura e urbanismo que já tinham cursado as disciplinas de conforto e que estivessem no meio do curso em diante (GÜNTER, 2011).
- Os projetos, imagens e textos referentes aos dois edifícios analisados (Edifício 1 e 2) estavam disponíveis no site do método Diagrama Morfológico. Isso foi feito para facilitar o acesso às informações dos edifícios analisados, bem como para evitar contato entre os alunos e o pesquisador.
- Cada aluno realizou a análise de dois edifícios já construídos (Edifício 1 e 2) isoladamente e sem a ajuda de ninguém. Os ambientes analisados nos dois edifícios (Edifício 1 – o café e Edifício 2 – sala de aula) foram escolhidos com base na importância das atividades realizadas e frequência de ocupação.
- A distribuição dos edifícios para análise foi aleatória, isto é, cada aluno escolheu o edifício que iria ser analisado primeiro.
- Ao final, deveriam ter 120 análises realizadas com o método, 60 delas deveriam ser do edifício que foi avaliado positivamente (Edifício 1 - segundo as análises dos alunos do mestrado) e as outras 60 do que foi avaliado negativamente (Edifício 2 - segundo as análises dos alunos do mestrado).

²⁰ Fidedigno é aquele que é digno de fé; merecedor de crédito. Semelhante à fidedignidade. Sinônimo de autêntico, genuíno, real, verdadeiro e verídico. (FERREIRA, p. 251, 1993).

²¹ Optou – se por alunos de graduação, pois este será um dos públicos que poderá utilizar o método em questão. O outro público são os profissionais da arquitetura e urbanismo, porém, acredita-se que se o método for compreendido pelos alunos de graduação, subtende-se que os profissionais não terão dificuldade de utilizar o método em suas análises projetuais.

3ª parte: Validação do Método junto a alunos.

O Método Diagrama Morfológico foi validado com base no Método Validação Externa²². Este método de validação possibilitou verificar se o método testado (Diagrama Morfológico) permitiu diferenciar, positivamente e negativamente, do ponto de vista da iluminação natural os dois edifícios analisados.

Segundo Günter (2011), se as análises realizadas com o Método Diagrama Morfológico não permitisse diferenciar o edifício que foi analisado pelos outros métodos como positivo (Edifício 1) do edifício que foi analisado como negativo (Edifício 2) do ponto de vista da iluminação natural concluir-se-ia que o método não funciona para avaliar a qualidade de projetos arquitetônicos.

Dessa forma, depois de realizadas as análises dos Edifícios pelos alunos passou-se para o seguinte passo:

- Avaliação e discussão dos resultados das análises referentes ao Método Diagrama Morfológico. Nessa parte do trabalho foi feita a comparação dos resultados finais das análises realizadas com outros métodos (realizadas pelos alunos do mestrado) com os resultados das análises realizadas pelos alunos da graduação com o Método Diagrama Morfológico após passar pelo aprimoramento.
- Se o Método Diagrama Morfológico permitisse identificar o edifício que foi analisado como positivo (Edifício 1) e o que foi analisado como negativo (Edifício 2) do ponto de vista da iluminação natural, isso implicaria em dizer que o método poderia ser validado, pois dessa forma se comprovaria que o mesmo é fidedigno ao resultado final de outras análises.

Assim, após cumprir com estes procedimentos é apresentado o resultado final da validação do Diagrama Morfológico. Além disso, após expor sobre a validação do método será apresentada a análise crítica respondida pelos alunos que utilizaram o método. Nela são abordadas as seguintes questões:

- a) O método permitiu identificar pontos positivos no projeto analisado? Quais?
- b) O método permitiu identificar pontos negativos no projeto analisado? Quais?
- c) Descreva o que achou do tempo de análise necessário para aplicar o método em um projeto?
- d) Na sua opinião, o método permite aprimoramento ao processo de elaboração do projeto? Por quê?

Com as respostas destas perguntas foi possível verificar o que os alunos acharam sobre o método de análise e projeto ambiental com uso de iluminação natural – Diagrama Morfológico, sobre o tempo gasto para realizar as análises com o método e até mesmo sobre o programa onde está alocado o método em questão.

- Edifícios para análises e validação do método

Os dois edifícios utilizados para análise e validação do Diagrama Morfológico se localizam no campus da UnB, conforme pode ser observado na Figura 55.

²² (KIDDER, 1986; CRANO, 1942; GÜNTHER, 2011).



Figura 55 – Localização do Edifício 1 e 2 (GOOGLE MAPS, 2012)

- Edifício 1 - Casa do Professor

A Casa do Professor foi projetada para abrigar as funções relacionadas com a promoção, a valorização e a defesa das atividades docentes da Instituição, mais especificamente para sediar a Associação dos Docentes da UnB (ADUnB).

O programa executado pelo arquiteto se organiza em dois níveis. No térreo, passando a entrada livre, tem-se uma galeria para exposições e eventos, além de áreas de apoio, como cozinha, restaurante e almoxarifado. Subindo uma escada metálica, chega-se ao pavimento superior, onde ficam as salas de reuniões, de diretoria e o arquivo.

Como pode ser observada na Figura 56, o edifício possui fachadas orientadas para Norte, Sul, Leste e Oeste.

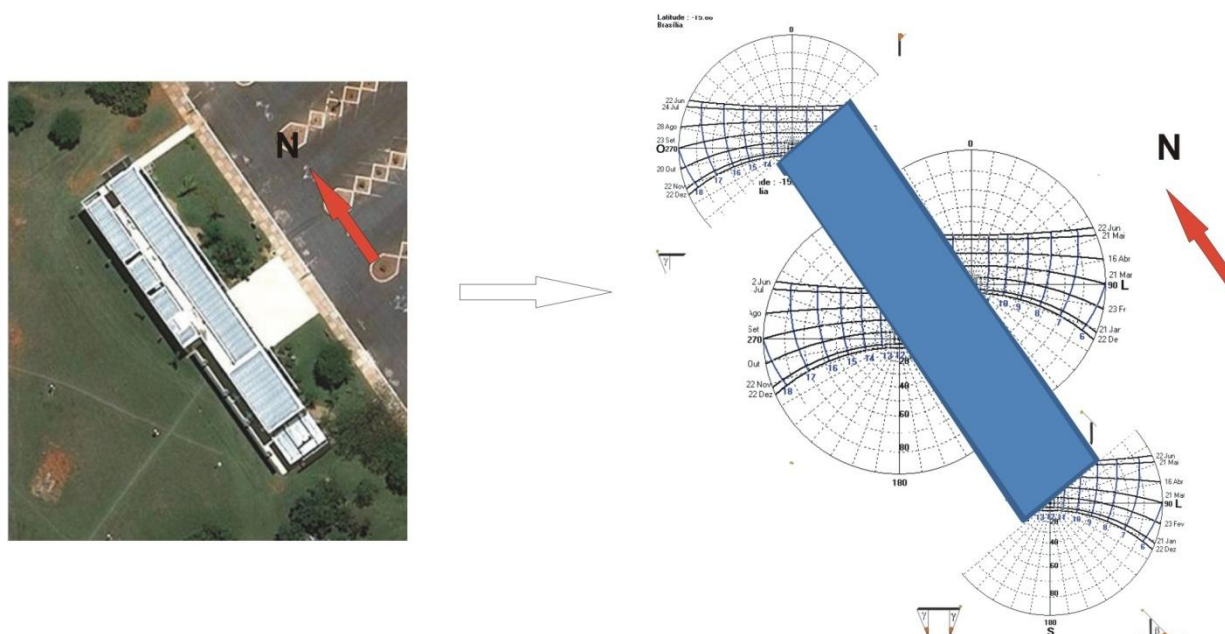


Figura 56 - Implantação e orientação (fachadas em relação à carta solar) da Casa do Professor

A orientação da edificação volta os ambientes principais para o estacionamento (Figura 57), onde foram utilizados na Fachada Leste (Figura 57) painéis de vidro protegidos com brises horizontais de alumínio com pintura eletrostática branca (Figuras 58 e 59). Esta fachada é ainda protegida por vegetação de médio e grande porte (MARCHIS et al, 2011).



Figura 57 – Fachada Leste da Casa do Professor (MARCHIS et al, 2011)

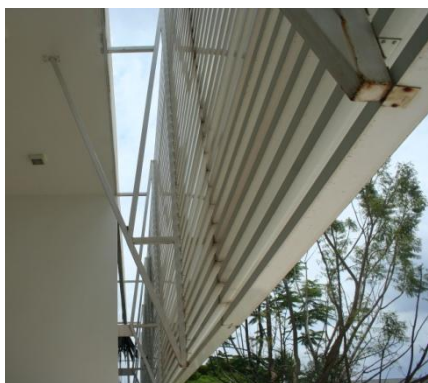


Figura 58 e Figura 59– Fachada Leste da Casa do Professor (MARCHIS et al, 2011)

Além desta fachada, é possível verificar a Fachada Oeste (Figura 60) e as Fachadas Norte e Sul praticamente vedadas (Figura 61 e 62).



Figura 60 – Fachada Oeste da Casa do Professor (MARCHIS et al, 2011)



Figura 61 e Figura 62 – Fachadas Norte e Sul respectivamente da Casa do Professor (MARCHIS et al, 2011).

Nas Figuras 63 e 64 podem ser observadas as características de iluminação natural no restaurante, no horário do almoço, localizado no térreo do edifício da Casa do Professor. Conforme entrevista, não há necessidade de utilização de iluminação artificial durante o dia e os brises horizontais localizados na fachada Leste proporcionam uma iluminação difusa agradável (MARCHIS et al, 2011).



Figura 63 e Figura 64– Vista interna do restaurante da Casa do Professor (MARCHIS et al, 2011).

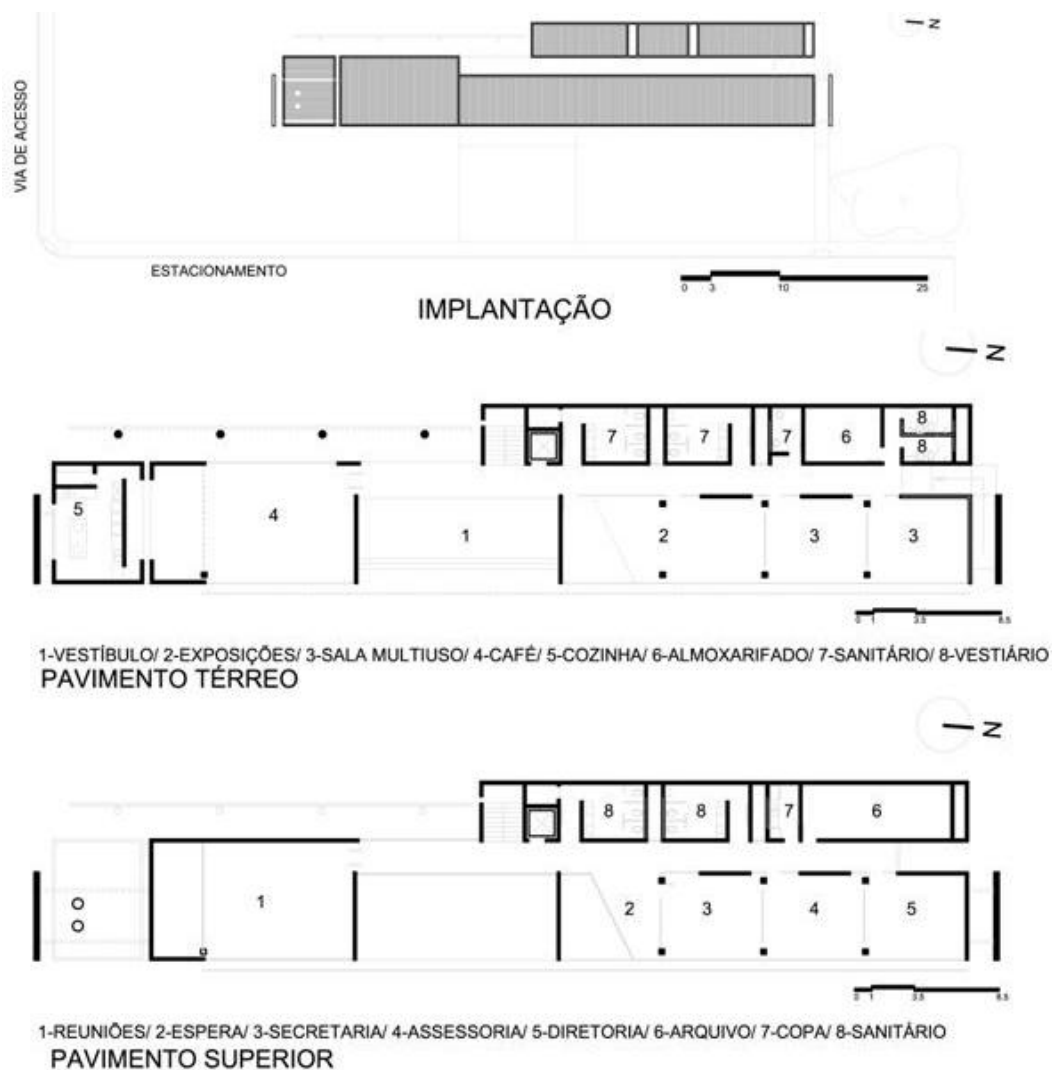


Figura 65 – Planta de implantação, pavimento térreo e pavimento superior da Casa do Professor (MARCHIS et al, 2011).

O programa executado pelo arquiteto organiza-se em dois níveis. Conforme a Figura 65, no térreo, passando a entrada livre, tem-se uma galeria para exposições e eventos, além de áreas de apoio, como cozinha, restaurante e almoxarifado. Subindo uma escada metálica, chega-se ao pavimento superior, onde ficam as salas de reuniões, de diretoria e o arquivo.

- Edifício 2 - Fiocruz

Por meio da parceria entre o Centro de Planejamento (CEPLAN) da Universidade de Brasília (UnB) e o Departamento de Projetos e Obras da Fundação Oswaldo Cruz, o edifício Fiocruz foi inaugurado em junho de 2010. Localizado no Campus da UnB, este edifício abriga a Escola de Governo em Saúde - EGS e desenvolve atividades de ensino, pesquisa, comunicação e popularização da ciência, além de cursos de pós-graduação (AMORIM et al 2011).

Sua área ocupa 10.000m² e consiste em quatro blocos distintos, nos quais abrigam as áreas administrativas e de apoio, biblioteca, laboratórios de informática, um auditório para 200 pessoas, salas de aula, e um espaço para exposições (Figura 66 e 67).

Neste trabalho, o bloco que será analisado será o “Bloco Educacional” (retângulo verde na Figura 62 e Prédio 2 na Figura 63). O Bloco Educacional do complexo do FIOCRUZ possui 4.589m² e comporta salas de aula, laboratórios de informática, biblioteca, área de apoio e estacionamento no subsolo. Vai abrigar também a Escola de Governo em Saúde (EGS), que tem como meta prioritária a formação de recursos humanos para o Sistema Único de Saúde (SUS);

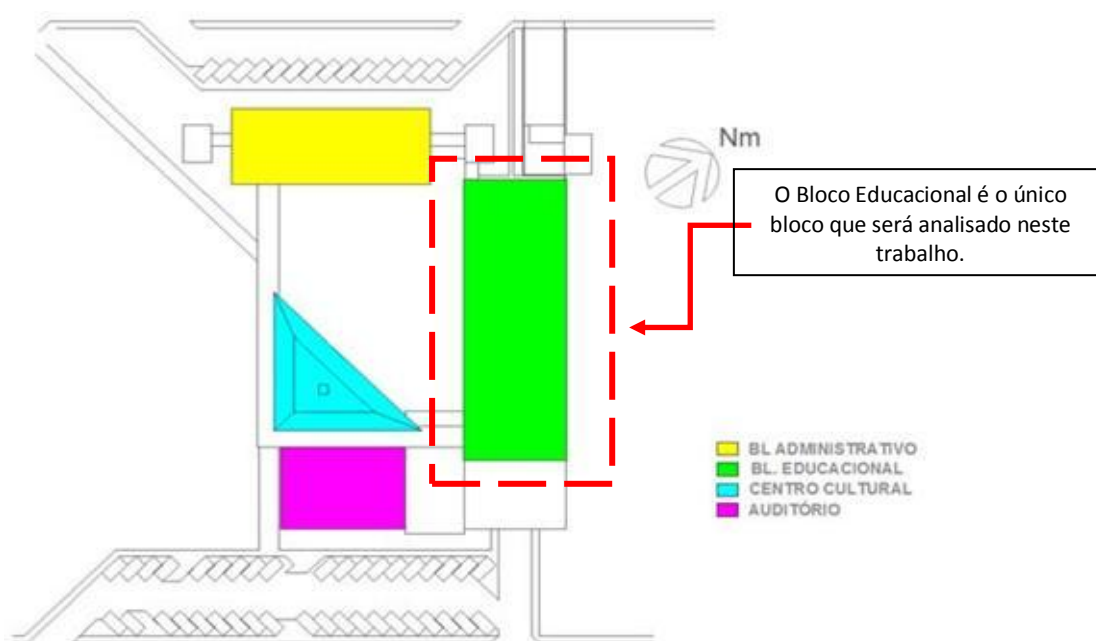


Figura 66 – Fiocruz e seus respectivos blocos/prédios (AMORIM et al 2011).

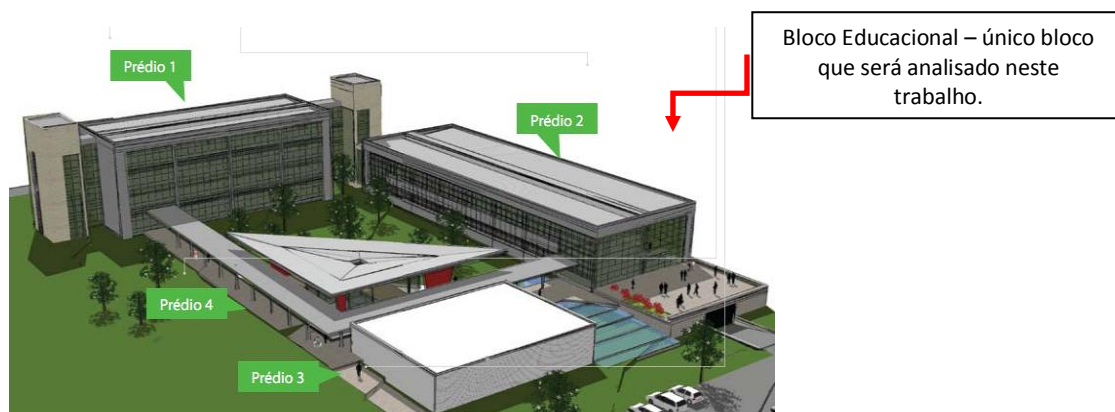


Figura 67 – Fiocruz e seus respectivos blocos/prédios (AMORIM et al 2011).

Como pode ser observado na Figura 68, as fachadas do Bloco Educacional da FIOCRUZ estão dispostas da seguinte maneira: Sudoeste (Figura 69) Sudeste (Figura 70) Nordeste (Figura 71) e Noroeste (Figura 72).

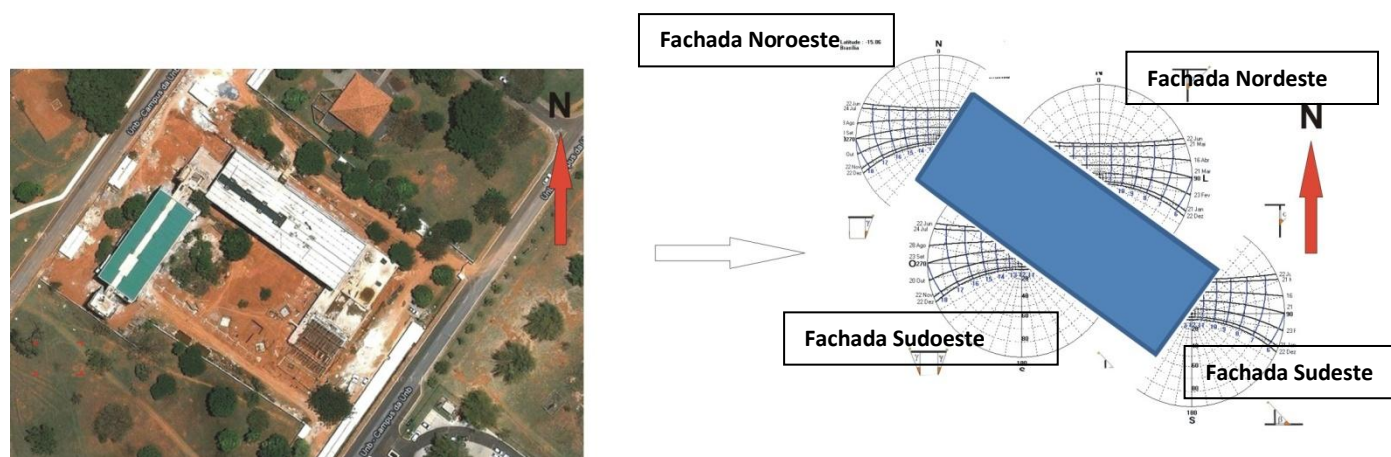


Figura 68 – Implantação e orientação (fachadas em relação à carta solar) do Bloco Educacional.



Figura 69 e Figura 70– Fachadas sudoeste e sudeste do Bloco Educacional (AMORIM et al 2011)



Figura 71 e Figura 72– Fachadas Nordeste e Noroeste do Bloco Educacional (AMORIM et al 2011).

Na Figura 73 é possível verificar o ambiente (sala de aula) que foi analisado pelos alunos para validar o método Diagrama Morfológico.



Figura 73 – Vista interna da sala de aula do Bloco Educacional (AMORIM et al 2011).

3.5 ETAPA 5: Resultados e discussões

No item resultados e discussões são apresentados os resultados dos seguintes conteúdos:

- Diagnóstico das Análises dos 122 Diagramas Morfológicos já aplicados a projetos;
- Implementação do Método Diagrama Morfológico em Programa Computacional;
- Análises com o Diagrama Morfológico em Programa Computacional e
- Validação do Diagrama Morfológico (aplicação do método nos Edifícios 1 e 2, realizadas pelos alunos da graduação).

Nos resultados da Validação do Diagrama Morfológico é apresentada a comparação das respostas das análises realizadas pelos alunos da graduação com o Diagrama Morfológico com as respostas das análises de referência. Com esta comparação foi possível verificar se as respostas apresentadas pelos alunos nas análises dos dois edifícios estavam coerentes com as respostas das análises de referência. A partir disso, foi possível verificar onde estavam as maiores incoerências relativas às respostas e se o método apresentava algum ponto de difícil compreensão.

Além disso, são apresentados os resultados das análises destes dois edifícios com a aplicação de outros métodos (Diagrama Morfológico antes de passar pelo aprimoramento, Medições de iluminação *in loco*, Avaliação do nível de eficiência energética da envoltória, tendo como base o RTQ-C e Simulações computacionais). É importante esclarecer que são apresentados apenas os resultados finais das análises realizadas com estes métodos. Pois todos eles são diferentes uns dos outros inclusive do Diagrama Morfológico após ser aprimorado, no entanto são métodos complementares.

3.6 ETAPA 6: Considerações Finais

Nesta etapa são apresentadas as considerações finais relativas à validação do Método Diagrama Morfológico. Para tanto, são apresentadas também, considerações relativas ao método, ao programa elaborado para armazenar o método, à validação, aos edifícios analisados além das limitações e sugestões para trabalhos futuros.

Assim, após exibir a metodologia do trabalho em questão são apresentados os resultados e discussões desta pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões relativos aos seguintes aspectos:

- Diagnóstico do Diagrama Morfológico;
- Implementação do Método Diagrama Morfológico em Programa Computacional;
- Resultados das Análises com o Diagrama Morfológico após ser aprimorado e a;
- Validação do Diagrama Morfológico.

4.1 *Diagnóstico das análises dos 122 Diagramas Morfológicos já aplicados a projetos*

Nesta parte do trabalho é apresentado o diagnóstico das 122 análises realizadas por alunos de graduação e especialização com o Diagrama Morfológico. No diagnóstico são apontados os itens que necessitam de aprimoramento para se tornarem mais completos e possibilitar uma análise projetual com foco em iluminação natural. Na sequência, são apresentadas as proposta para aprimorar o Diagrama Morfológico. Esta proposta foi pautada nas contribuições sugeridas no diagnóstico, referências bibliográficas, normas e regulamentos.

Para auxiliar no diagnóstico dos 122 Diagramas Morfológicos já aplicados, foi elaborada a Tabela 16, nela foram inseridos os dados que compõe o Diagrama Morfológico.

Dos 122 Diagramas Morfológicos analisados 82 apresentaram uma avaliação crítica no final. Esta é referente à iluminação natural e conforto ambiental do projeto analisado. Das 82 avaliações finais 68 são oriundas das análises dos alunos de pós-graduação. Foi diagnosticado também que os resultados das análises de projetos com Diagrama Morfológico realizadas pelos alunos da pós-graduação são mais completas e possuem qualidade de informação superior às realizadas pelos alunos da graduação. Além disso, as análises feitas pelos alunos de pós-graduação apresentam uma avaliação crítica detalhada de cada parâmetro analisado no diagrama, respaldando as variáveis demarcadas em cada nível do Diagrama Morfológico.

Tabela 16 - Tabela de Análise dos 122 Diagramas Morfológicos já Aplicados a Projetos.

CATEGORIA DE PROJETO	NOME DO PROJETO	ANÁLISE MORFOLÓGICA	Linha 1					Linha 2					Linha 3					Linha 4					Linha 5	Linha 6	Linha 7	Linha 8	Linha 9	Linha 10	Linha 11	Linha 12	Linha 13	Linha 14	Linha 15	Linha 16	Linha 17	Linha 18	Linha 19	Linha 20
			C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20																
RESIDENCIAL	Projeto de Casa em Vila Rica	[Diagrama Morfológico]	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
					
					

LEGENDA DE SÍMBOLOS ADOPCIDOS (para os 6 grupos)

PARÂMETROS DO TIPO DE PROJETO:

A. CATEGORIA DE PROJETO:

- RESIDENCIAL
- COMERCIAL
- EDUCACIONAL
- INDUSTRIAL
- CULTURAL
- OUTROS

B. MATERIAL DE CONSTRUÇÃO:

- ALVENARIA
- CONCRETO
- FERRO
- ACAO
- VIDRO
- OUTROS

C. TIPO DE ABERTURA DE PORTAS:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

D. TIPO DE ABERTURA DE JANELAS:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

E. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE SERVIÇO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

F. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE COZINHA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

G. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE BANHEIRO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

H. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE QUARTO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

I. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE SUÍTA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

J. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE COZINHA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

K. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE BANHEIRO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

L. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE QUARTO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

M. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE SUÍTA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

PARÂMETROS DO TIPO DE PROJETO - CONT.

N. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE COZINHA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

O. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE BANHEIRO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

P. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE QUARTO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

Q. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE SUÍTA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

R. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE COZINHA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

S. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE BANHEIRO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

T. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE QUARTO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

U. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE SUÍTA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

V. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE COZINHA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

W. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE BANHEIRO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

X. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE QUARTO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

Y. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE SUÍTA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

PARÂMETROS DO TIPO DE PROJETO - CONT.

Z. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE COZINHA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AA. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE BANHEIRO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AB. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE QUARTO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AC. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE SUÍTA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AD. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE COZINHA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AE. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE BANHEIRO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AF. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE QUARTO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AG. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE SUÍTA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AH. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE COZINHA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AI. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE BANHEIRO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AJ. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE QUARTO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AK. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE SUÍTA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AL. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE COZINHA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AM. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE BANHEIRO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AN. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE QUARTO:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

AO. TIPO DE ABERTURA DE PORTA DE SUÍTA:

- ABERTURA
- FECHADA
- OUTROS

4.1.1 Análise e Proposta de Aprimoramento do Método Diagrama Morfológico

Para facilitar o entendimento, serão apresentados primeiramente os problemas identificados e posteriormente as propostas para aprimoramento dos mesmos.

• Análises e propostas para aprimoramento dos Dados Referentes à Edificação

Problema 1: os dados referentes aos itens Latitude, Longitude e Altitude foram apresentados em todas as análises dos Diagramas Morfológicos. No entanto, conforme pode ser observado na Tabela 16, ocorreu de análises diferentes de um mesmo projeto apresentarem dados que não coincidem. Ocorreu também, de análises diferentes de uma mesma cidade não apresentarem dados semelhantes. Assim, conclui-se que estes dados foram retirados de fontes diversas.

Proposta para aprimoramento: padronizar a fonte destes dados; nesse caso, sugere-se a adotar os dados das Normais Climatológicas. Existe um programa (RORIZ, 2004) denominado ZBBR (Zoneamento Bioclimático do Brasil²³) que possui um banco de dados com Altitudes, Latitudes, Longitudes e Temperaturas (Médias, Mínimas e Máximas) de 330 cidades brasileiras que possuem dados climáticos medidos. Este programa pode ser copiado e distribuído livremente, por isso, propõe-se utilizar este banco de dados, para ser a referência destes dados. Caso a análise seja referente a um projeto de uma cidade que o banco de dados não possua informações, o avaliador deverá informar a fonte destes dados.

Problema 2: conforme pode ser verificado na Tabela 16, no campo referente ao item “Data” observou-se que em algumas análises foi apresentada a data da elaboração do projeto e em outras a data da construção do projeto. Acredita-se que esta informação seja relevante para avaliar quanto tempo depois da elaboração do projeto o edifício foi construído, ou até mesmo para avaliar quanto tempo o projeto foi desenvolvido.

Proposta para aprimoramento: criar um campo para preenchimento do ano de elaboração do projeto e outro para ano do término da construção, caso já seja construído.

• Análises e propostas para aprimoramento dos Dados Referentes ao Clima

Problema 1: com relação aos dados referentes ao clima, constatou – se com base na Tabela 16 que as informações referentes aos itens Tipos de Clima, Temperatura Média Anual, Temperatura Mensal (Máxima), Temperatura Mensal (Mínima), Horas de Insolação e Dados Referentes aos Ventos são retiradas de vários locais e que não apresentam consistência, pois houve ocorrência de análises realizadas do mesmo projeto com informações relativas aos dados climáticos diferentes.

Proposta para aprimoramento: padronizar a fonte destes dados, sugere-se adotar os dados das Normais Climatológicas, para isso, utilizar o banco de dados do programa apresentado anteriormente (ZBBR). Outra sugestão é retirar o campo referente aos ventos, pois este trabalho tem foco voltado para iluminação natural.

• Análises e propostas para aprimoramento dos Parâmetros do Diagrama Morfológico

Problema 1: com relação aos parâmetros dos três níveis do Diagrama Morfológico constatou-se que, de uma maneira geral, alguns parâmetros não conduzem a avaliação separadamente por fachada, isto é, a análise apresentada foi geral para o edifício todo. Por exemplo, em um edifício pode existir proteção solar na fachada norte, sul, leste e na oeste, ou simplesmente na norte e na oeste, e isso deve ser avaliado separadamente para tornar a análise completa e que represente a realidade. A falta desta análise separada por fachada fez com que algumas análises se tornassem incompletas e não confiáveis.

No entanto, constatou-se por meio da Tabela 16 que muitas das análises apresentaram avaliação de pelo menos duas fachadas. Isso demonstra que embora os parâmetros não direcionem a análise separadamente por fachada que há necessidade de se criar avaliação por fachada dos seguintes parâmetros: A (Desenho Urbano), B (Refletância das Fachadas), D (Ângulo máximo de incidência do sol na fachada do edifício), E

²³ Zoneamento Bioclimático do Brasil é uma classificação bioclimática das sedes dos municípios brasileiros e apresenta diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. O Zoneamento baseou-se em dados climatológicos medidos em 330 cidades (ABNT, 2003).

(Forma e Planta Baixa), F (Taxa de abertura nas fachadas), G (Distribuição das aberturas nas fachadas), H (Proteções solares nas fachadas), I (Aberturas zenitais), J (Mecanismo de Ventilação Natural), M (Posição do Coletor de Luz), N (Dimensão do Coletor de Luz), O (Forma do Coletor de Luz), P (Controle da Entrada de Luz), Q (Controle da Ventilação Natural) e R (Controle e Integração da Iluminação artificial).

Proposta para aprimoramento: conduzir e proporcionar avaliação destes parâmetros por fachada.

Nível I – Espaço Urbano:

GERAL:

Problema 2: em algumas análises os parâmetros deste nível foram avaliados com foco no edifício, quando o correto seria fazer a análise com foco no entorno do edifício analisado.

Proposta para aprimoramento: esclarecer que todos os parâmetros deste nível de análise devem avaliar o entorno do edifício e não o edifício propriamente dito.

Outras propostas para aprimoramento deste nível:

- a) Definir e inserir observações/informações referentes a cada parâmetro para subsidiar a definição das variáveis.
- b) Possibilitar a análise de cada variável por meio dos termos “Muito Bom” (correspondendo ao número 6) a “Muito Ruim” (correspondendo ao número 1).

Parâmetro A (Desenho Urbano):

Problema 3: as variáveis A5 (Fachadas²⁴ principais orientadas para Norte – Sul), A6 (Fachadas Principais orientadas para Leste – Oeste) e A7 (Fachadas principais com orientação intermediária) são referentes à orientação das fachadas do edifício analisado e se encontram misturadas com as variáveis relativas a análise do desenho urbano.

Proposta para aprimoramento: Colocar as variáveis A5 (Fachadas principais orientadas para Norte – Sul), A6 (Fachadas Principais orientadas para Leste – Oeste) e A7 (Fachadas principais com orientação intermediária) no final das demais variáveis e explicar que estas variáveis deverão ser demarcadas posteriormente a escolha do tipo de desenho urbano.

Parâmetro B (Refletância das Fachadas) e C (Especularidade das Fachadas):

Problema 4: as imagens do parâmetro B (Refletância das Fachadas) caracterizam a refletância do edifício e não do espaço urbano, conduzindo à uma análise equivocada.

Proposta para aprimoramento: trocar as imagens do parâmetro B por outras que caracterizem a refletância do espaço urbano e quantificar estas variáveis.

Problema 5: os parâmetros B e C não direcionam a análise referente à refletância e especularidade por fachada isoladamente. As análises dos 122 Diagramas apontam uma análise geral destes aspectos.

²⁴ Neste trabalho, adotou-se a definição de fachadas utilizada no RTQ-R, 2011:

Fachada: Superfícies externas verticais ou com inclinação superior a 60° em relação à horizontal. Inclui as superfícies opacas, translúcidas, transparentes e vazadas.

Fachada Leste: Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 90° em sentido horário a partir do Norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de - 45° a + 45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas Leste.

Fachada Norte: Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 0° a partir do Norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de - 45° a + 45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas Norte.

Fachada Oeste: Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 270° em sentido horário a partir do Norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de - 45° a + 45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas Oeste.

Fachada Sul: Fachada cuja normal à superfície está voltada para a direção de 180° em sentido horário a partir do Norte geográfico. Fachadas cuja orientação variarem de - 45° a + 45° em relação a essa orientação serão consideradas como fachadas Sul.

Proposta para aprimoramento: possibilitar análise por fachada (Norte/Sul/Leste/oeste);

Problema 6: foi observado nos 122 Diagramas analisados que a variável C4 e B4 “outros” quase não apresentou demarcação.

Proposta para aprimoramento: retirar a variável B4 e C4 “outros” destes parâmetros.

Outras propostas para aprimoramento deste parâmetro:

- a) Inserir uma tabela com alguns materiais utilizados em fachadas com suas respectivas refletâncias e especularidades para subsidiar a análise destas variáveis.
- b) Inserir variável B4 e C4 “Não há edificação no entorno”;

Parâmetro D (Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício):

Problema 7: o parâmetro D não direciona a análise referente ao ângulo máximo de incidência do sol na fachada do edifício por fachada isoladamente. As análises dos 122 Diagramas apontam uma análise geral deste aspecto.

Proposta para aprimoramento: possibilitar análise por fachada (Norte/Sul/Leste/oeste);

Problema 8: foi observado nos 122 Diagramas analisados que a variável D4 “outros” quase não apresentou demarcação.

Proposta para aprimoramento: retirar a variável D4 “outros” deste parâmetro.

Outra proposta para aprimoramento deste parâmetro: adotar a definição de fachadas do RTQ-R (BRASIL, 2011).

Nível II – Edifício:

GERAL:

- a) Definir e inserir observações/informações referentes a cada parâmetro para subsidiar a definição das variáveis.
- b) Possibilitar a análise de cada variável por meio dos termos “Muito Bom” (correspondendo ao número 6) e “Muito Ruim” (correspondendo ao número 1).

Parâmetro E (Forma e Planta Baixa):

Problema 9: foi observado que muitos dos 122 Diagramas analisados optaram por mais de uma variável deste parâmetro.

Proposta para aprimoramento: Possibilitar a escolha de mais de uma variável por projeto.

Outras propostas para aprimoramento deste parâmetro:

- a) Inserir dois parâmetros depois do parâmetro “E” para avaliar a refletância e a especularidade de cada fachada do edifício analisado.
- b) Utilizar a mesma tabela de refletância e especularidade dos Parâmetros B e C para subsidiar a análise destes novos parâmetros.

Parâmetro F (Taxa de Abertura nas Fachadas):

Problema 10: foi observado nos 122 Diagramas analisados que a taxa de abertura nas fachadas foi avaliado de maneira geral, isto é, a variável foi escolhida com base no somatório das taxas de aberturas de todas as fachadas do edifício. Isso pode distorcer o resultado final da análise.

Proposta para aprimoramento: possibilitar e direcionar a análise por fachada (Norte/Sul/Leste/oeste).

Parâmetro G (Distribuição das Aberturas nas Fachadas):

Problema 11: foi observado nos 122 Diagramas analisados que a variável G4 “outros” quase não apresentou demarcação.

Proposta para aprimoramento: retirar a variável G4 “outros” deste parâmetro.

Parâmetro H (Proteções Solares nas Fachadas):

Problema 12: foi observado nos 122 Diagramas analisados que o parâmetro “H” não direciona a análise referente à proteção solar por fachada isoladamente. As análises dos 122 Diagramas apontam uma análise geral deste aspecto.

Proposta para aprimoramento: possibilitar análise referente à existência de proteções solares por fachada (Norte/Sul/Leste/oeste);

Outras propostas para aprimoramento deste parâmetro:

- a) Conduzir o avaliador a responder se existe este parâmetro no projeto analisado com as respostas “sim” ou “não” para posteriormente escolher qual das variáveis fazem parte do projeto analisado. Se o avaliador responder “não” poderá pular a análise referente a este parâmetro.
- b) Possibilitar a escolha de mais de uma variável por projeto.
- c) Apresentar tabela de ângulos mínimos de proteção solar por fachada para subsidiar a análise.

Parâmetro I (Aberturas Zenitais):

Problema 13: foi observado nos 122 Diagramas analisados que na avaliação de um mesmo projeto pode existir a possibilidade de mais de uma variável.

Proposta para aprimoramento: possibilitar a escolha de mais de uma variável por projeto.

Outras propostas para aprimoramento deste parâmetro: conduzir o avaliador a responder se existe este parâmetro no projeto analisado com as respostas “sim” ou “não” para posteriormente escolher qual das variáveis fazem parte do projeto analisado. Se o avaliador responder “não” poderá pular a análise referente a este parâmetro.

Parâmetro J (Mecanismo de Ventilação): retirar este parâmetro do Diagrama Morfológico após ser aprimorado, pois trata-se de ventilação e o foco do trabalho é iluminação natural.

Nível III – Ambiente:

GERAL:

- a) Definir e inserir observações/informações referentes a cada parâmetro para subsidiar a definição das variáveis.
- b) Possibilitar a análise de cada variável por meio dos termos “Muito Bom” (correspondendo ao número 6) e “Muito Ruim” (correspondendo ao número 1).

Parâmetro L (Planta Baixa): informar o que é considerado ambiente profundo (BRASIL, 2011).

Parâmetro M (Posição do Coletor de Luz), N (Dimensão do Coletor de Luz), O (Posição do Coletor de Luz) e P (Controle da Entrada de Luz):

- a) Esclarecer que estes parâmetros são direcionados para avaliação dos ambientes internos do edifício analisado.
- b) Possibilitar a escolha de mais de uma variável por projeto.
- c) Possibilitar análise por fachada (Norte/Sul/Leste/oeste).
- d) Inserir depois do Parâmetro P um parâmetro referente ao Tipo de Envidraçado do coletor de luz.
- e) Inserir um parâmetro referente à refletância interna de Teto, Parede e Piso.

Parâmetro Q (Controle da Ventilação Natural): retirar este parâmetro, pois trata de ventilação e o foco do trabalho é iluminação natural.

Parâmetro R (Controle e Integração da Iluminação Artificial): possibilitar a escolha de mais de uma variável por projeto.

Outras propostas para aprimoramento deste parâmetro: criar um campo para o avaliador registrar sua análise crítica sobre a iluminação natural do projeto analisado.

Os dados analisados na Tabela 16 e apresentados anteriormente proporcionaram a elaboração da Tabela 16, onde foi feito um resumo referente ao número de respostas da variável “outros” para cada parâmetro.

A Tabela 16 mostra que a variável “outros” nos parâmetros B (Refletância das fachadas), C (Especularidade das fachadas), D (Ângulo máximo de incidência de sol na fachada do edifício) e G (Distribuição das aberturas nas fachadas) foi pouco demarcada. Levando em consideração que em nenhuma das análises foi apresentado o que seria o “outros” assinalado, sugere-se que estas variáveis destes parâmetros sejam excluídas do Diagrama Morfológico.

Tabela 17 – Tabela resumo referente ao número de respostas da variável “outros” para cada parâmetro dos 122 Diagramas.

Parâmetros	Número de Respostas da variável “outros”
A	6
B	8
C	12
D	5
E	13
F	x
G	4
H	28
I	14
J	10
L	9
M	18
N	x
O	x
P	21
Q	27
R	9
x – Não tem essa variável neste parâmetro. Obs.: os números desta tabela foram retirados da Tabela 16.	

Com relação à demarcação das variáveis dos parâmetros avaliados como negativos (em amarelo) foi possível verificar que em uma mesma análise ocorreu mais de uma variável avaliada como negativa. Conforme a Tabela 16, os parâmetros que mais foram avaliados como negativos nos projetos foram: O (Forma do Coletor de Luz), P (Controle da Entrada de Luz), Q (Controle da Ventilação Natural) e R (Controle e Integração da Iluminação Artificial).

Dessa forma, com base no diagnóstico das análises dos 122 Diagramas Morfológicos já aplicados a projetos chegou-se a estas propostas de aprimoramento para o referido método. No item 4.2 o Diagrama Morfológico será apresentado com estes aprimoramentos incorporados e finalizados.

4.2 Aprimoramento e Implementação do Método Diagrama Morfológico em Programa Computacional

Esta parte do trabalho tem como objetivo apresentar o Método Diagrama Morfológico após ser aprimorado e implantado em programa computacional. Como foi já mencionado no corpo da dissertação, o método aprimorado foi alocado em um site com acesso livre (www.deborafelix.com.br).

4.2.1 Primeira página do programa computacional com o método Diagrama Morfológico

Na primeira página do programa há um pequeno texto de introdução e apresentação (Figura 74) que explica rapidamente o que é iluminação natural, qual é o objetivo do método/programa, como a análise deve ser realizada e como o relatório será gerado.

No final da página, existem quatro retângulos com fundo azul:

1º Retângulo: Passo a passo para iniciar a análise (inserido para subsidiar os alunos que validaram o método, esse passo a passo será retirado após a defesa da dissertação);

2º Retângulo: Pasta com os arquivos do Edifício 1 - Casa do Professor (inserido para subsidiar os alunos que validaram o método, esta pasta será retirada após a defesa da dissertação);

3º Retângulo: Pasta com os arquivos do Edifício 2 - Fiocruz (inserido para subsidiar os alunos que validaram o método, esta pasta será retirada após a defesa da dissertação) e;

4º Retângulo: link para iniciar a análise com o Diagrama Morfológico.

Projeto

Parâmetros do Nível I
Espaço Urbano

Parâmetros do Nível II
Edifício

Parâmetros do Nível III
Ambiente Interno

[Relatórios](#)

A iluminação natural deve ser pensada na fase inicial de um projeto arquitetônico. Se isto não ocorrer, provavelmente serão necessárias adaptações em etapas posteriores ao projeto. Porém, se o projetista possuir algum **instrumento de análise e projeto** que o auxilie na **avaliação da iluminação natural** na fase inicial do projeto, isto é, de definição do partido e estudos preliminares, pode evitar modificações no projeto em suas fases finais.

Com esse objetivo foi elaborado o presente programa, visando subsidiar alunos e profissionais de Arquitetura e Urbanismo na definição dos aspectos de iluminação natural do projeto arquitetônico.

O programa, que se destina a analisar a iluminação natural de edificações construídas ou não (em fase de projeto), foi elaborado durante o mestrado do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, no ano de 2011. Teve como base um método existente de análise e projeto com foco em conforto ambiental e iluminação natural denominado Diagrama Morfológico (AMORIM, 2007).

A análise está dividida em quatro partes, a saber:

1. Primeira parte: preenchimento dos dados referentes à ficha técnica do projeto e ao clima da cidade onde se encontra o projeto em análise;
2. Segunda parte: Nível I – análise referente ao Espaço Urbano;
3. Terceira parte: Nível II – análise referente ao Edifício e;
4. Quarta parte: Nível III – análise referente ao Ambiente.

Antes de iniciar a análise alguns esclarecimentos são necessários:

1ª Deve-se primeiramente escolher o ambiente que será analisado para posteriormente dar início à análise. Este deverá ser representativo do edifício (uma sala de aula numa escola, ou um escritório em um edifício comercial) ou que potencialmente apresente algum problema com relação à iluminação natural ou conforto ambiental.

2ª Em todos os parâmetros existem observações que subsidiarão a análise do projeto (entrar no link + Informações). Essas informações devem ser lidas atentamente antes de escolher a variável que melhor se adequa ao projeto analisado. As informações são embasadas no referencial bibliográfico, normas e regulamentos já existentes.

3ª Em seguida, deve-se proceder à avaliação de cada variável, considerando a iluminação natural no projeto em análise, conforme uma escala numérica e de cor que varia de 1 a 6, onde 1 = muito ruim (cor vermelha), 2 = ruim (cor laranja), 3 = razoável – (cor amarelo escuro), 4 = razoável + (cor amarelo claro), 5 = bom (cor verde claro) e o 6 = muito bom (cor verde escuro).

<i>Mr</i>								<i>Mb</i>
	1	2	3	4	5	6		

4ª No final da análise há um campo destinado à análise crítica referente ao projeto. Nesse campo, o autor da análise deverá descrever de maneira sucinta os aspectos relevantes (positivos e negativos), com ênfase na iluminação natural do projeto analisado.

5ª Para realizar a análise serão necessários dois softwares, o Sol-Ar e o ZBBR (Zoneamento Bioclimático do Brasil), gratuitos e de fontes confiáveis. Os links dos sites referentes a esses programas serão informados no decorrer da análise.

Ao final do processo da análise, será gerado um relatório síntese com todos os dados referentes ao projeto que foi analisado. Tudo que foi avaliado, seja positivo ou negativo, aparecerá no relatório final com uma demarcação referente às cores da avaliação (de vermelho a verde, conforme legenda apresentada anteriormente) para alertar visualmente e de maneira rápida as questões que estão bem resolvidas (cores verde claro e verde escuro) e as que estão mal resolvidas (cores laranja e vermelha) no quesito iluminação natural.

Com esse método de análise pretende-se que o projetista possa perceber no decorrer do preenchimento do Diagrama Morfológico se o projeto atendeu ou não às necessidades de iluminação natural.

É importante esclarecer que todas as análises projetuais realizadas com esse programa serão armazenadas nessa página e serão de domínio público, com o intuito de criar um banco de dados de projetos referenciais para alunos e projetistas.

EMAIL PARA CONTATO, DÚVIDAS E SUGESTÕES.
 Email: diagramamorfologico@gmail.com
 Contato: Débora Félix

Passo a passo para iniciar a análise

ARQUIVOS PARA AVALIAÇÃO CASA DO PROFESSOR

ARQUIVOS PARA AVALIAÇÃO FIOCRUZ

Iniciar análise com Diagrama Morfológico

Figura 74 – Imagem referente à primeira página do programa referente ao Diagrama Morfológico (Fonte: www.deborafelix.com.br).

4.2.2 Segunda página do programa computacional com o método Diagrama Morfológico

Na segunda página do programa referente ao Diagrama Morfológico estão os campos relativos ao Projeto:

- Primeiramente aparecem os campos destinados aos dados da Ficha Técnica (Figura 75) contendo as seguintes informações:
 - Nome do projeto;
 - Tipologia (Edifício Residencial e Edifício não Residencial);
 - Endereço; - País; - Estado (neste campo, existe um banco de dados com todos os estados brasileiros);
 - Cidade (neste campo, existe um banco de dados com o nome de todas as cidades brasileiras que possuem as Normais Climatológicas);
 - Arquiteto;
 - Ano de elaboração do projeto;
 - Ano de término da construção;
 - Localização do edifício na cidade (do lado deste campo, foi inserido um link do *Google Maps* para facilitar a localização do edifício durante a análise. A pessoa pode localizar o edifício, salvar a imagem em formato jpg e posteriormente inserir no programa).
 - Depois destes dados foram disponibilizados alguns campos destinados a inserir plantas, cortes e imagens do edifício analisado (todas as imagens deverão estar em formato jpg). Quem irá determinar o que deve ser inserido na análise é a pessoa que estiver realizando – a, cabe a ela decidir se quer ou não inserir as imagens e quais são as imagens mais importantes a serem inseridas neste campo, no entanto, recomenda-se inserir imagens significantes do ponto de vista do edifício e que demonstre detalhes que irão contribuir para a avaliação.

A interface de usuário apresenta uma barra superior com quatro abas: 'Projeto' (selecionada), 'Parâmetros do Nível I Espaço Urbano', 'Parâmetros do Nível II Edifício' e 'Parâmetros do Nível III Ambiente Interno'. Abaixo, há uma sub-aba 'Ficha Técnica' que contém o seguinte formulário:

- Nome Projeto:
- Tipologia:
- Endereço:
- País:
- Estado:
- Cidade:
- Arquiteto:
- Ano Elaboração do Projeto:
- Ano do término da construção:
- Localização do edifício na cidade: [Google Maps](#)
- Imagem do Edifício: - Imagem do Edifício: - Planta Baixa do Edifício: - Corte do edifício: - Imagem do Edifício:

Figura 75 – Ficha Técnica referente ao projeto em análise - segunda página do programa (Fonte: www.deborafelix.com.br).

- Posteriormente aparecem os campos destinados aos dados referentes ao Clima (Figuras 76 e 77) contendo as seguintes informações:

- Tipo de clima (tropical, equatorial, semi-árido, subtropical, tropical atlântico, tropical de altitude e um campo denominado “outro” – caso o edifício analisado não se enquadre em nenhum dos climas anteriores a pessoa pode escrever manualmente qual o outro clima). Em cada um dos tipos de clima existe um “help” (Figura 76) com as características de cada clima.

The screenshot shows a web form titled 'Clima'. Under the 'Tipo de Clima' section, several radio buttons are listed: Tropical, Equatorial, Semi-árido, Subtropical, Tropical atlântico (which is selected), and Tropical de altitude. Below the 'Tropical atlântico' option, a text box contains the following help text: 'Atua na fachada atlântica desde o sul do Rio Grande do Norte até o sul do Rio Grande do Sul. Temperaturas médias entre 18o e 26o C, com amplitudes térmicas crescentes à medida que aumenta a latitude. As chuvas abundantes superam 1.200 mm/ano, mas têm distribuição desigual. No litoral do Nordeste, concentram-se no outono e inverno e mais ao sul no verão. Fonte (KOPPEN, 1938)'. Below this text are input fields for 'Latitude' and 'Longitude'.

Figura 76 – Help com as características de cada tipo de clima com base em Koppen, 1938.

- Latitude, longitude, altitude (Figura 77) (quando os campos referentes à Estado e Cidade são preenchidos, automaticamente esses campos também são preenchidos);

The screenshot shows the 'Clima' form with the following fields: 'Tipo de Clima' with radio buttons for Tropical, Equatorial, Semi-árido, Subtropical, Tropical atlântico, Tropical de altitude, and Outro (with an adjacent text input field); 'Latitude', 'Longitude', and 'Altitude' (text input fields); 'Carta solar da latitude analisada' (text input field) with a 'Browse...' button and a link to 'Programa Sol-Ar'; 'Temperatura média anual', 'Temperatura mensal (máxima)', and 'Temperatura mensal (mínima)' (text input fields); 'Horas de insolação anual' (text input field); 'Zona bioclimática' (text input field); 'Recomendações da Zona Bioclimática' (text input field) with a 'Browse...' button and a link to 'Programa ZBBR'; and 'Inserir planta do edifício com a carta solar referente a cada fachada' (text input field) with a 'Browse...' button and links to 'Ver exemplo', 'Passo a Passo', and 'Considerar estas orientações das fachadas'.

Figura 77 – Campos referentes ao Clima - segunda página do programa (Fonte: www.deborafelix.com.br).

- Carta solar da latitude analisada (Figura 77) (do lado direito deste campo foi inserido um link referente ao programa Sol-Ar²⁵ para que o autor da análise possa fazer o *download* e utilizar a carta solar com a latitude referente ao edifício em análise). O intuito deste campo é fazer o autor da análise verificar a insolação na edificação analisada, bem como analisar em quais fachadas se encontram os pontos críticos no quesito insolação e que devem receber algum tipo de proteção solar para evitar desconforto aos usuários.

- Temperatura média anual, temperatura mensal (máxima), temperatura mensal (mínima), horas de insolação anual (quando os campos referentes à Estado e Cidade são preenchidos, automaticamente esses campos também são preenchidos) (Figura 77);

- Zona bioclimática referente ao projeto em análise - neste campo deve-se inserir apenas o número da zona bioclimática que o edifício se encontra. Esta informação é obtida no Programa ZBBR - Zoneamento Bioclimático do Brasil da Universidade Federal de São Carlos (Fonte: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/zbbr>) e que também está disponível logo abaixo deste campo.

- Recomendações da zona bioclimática (Figura 77) (do lado deste campo foi inserido o link do Programa ZBBR – Zoneamento Bioclimático do Brasil da Universidade Federal de São Carlos (Fonte: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/zbbr>). Este programa fornece recomendações arquitetônicas (Figura 78) para cada zona bioclimática conforme ABNT NBR 15220 – 3, de 29/04/2005. Com essas recomendações o autor da análise pode verificar o que deve ser observado no projeto para que o edifício atenda minimamente os quesitos relativos a conforto ambiental.

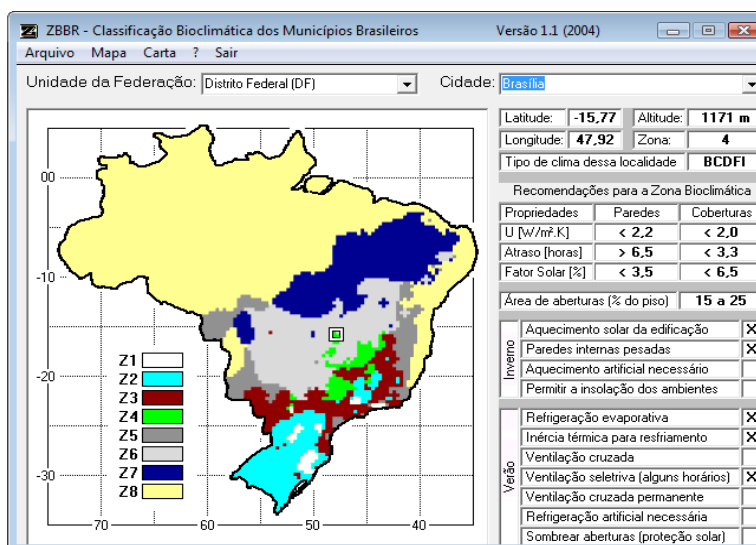


Figura 78 – ZBBR – Zoneamento Bioclimático do Brasil (Fonte: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/zbbr>).

- Campo destinado a inserir a planta baixa do edifício com a carta solar referente a cada fachada (do lado deste campo foram inseridos os seguintes arquivos: “ver exemplo”, “passo a passo” e “considerar esta orientação das fachadas”. O primeiro arquivo são

²⁵ Sol-Ar é um programa gráfico que permite a obtenção da carta solar da latitude especificada, auxiliando no projeto de proteções solares através da visualização gráfica dos ângulos de projeção desejados sobre transferidor de ângulos, que pode ser plotado para qualquer ângulo de orientação (Fonte: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>).

alguns exemplos de como a carta solar deve ser inserida junto à planta; o segundo arquivo é um passo a passo de como fazer esse procedimento, caso alguém não saiba; o terceiro e último arquivo se destina a orientar como as fachadas do edifício serão consideradas de acordo com a orientação) (Figura 77).

4.2.3 Terceira página do programa computacional com o método Diagrama Morfológico

Na terceira página do programa referente ao Diagrama Morfológico estão os quatro parâmetros referentes ao Nível I – Espaço Urbano do método de análise. Os quatro parâmetros são:

- A – Desenho Urbano (Figura 79) e (Quadro 1);
- B – Refletância das Fachadas Externas à Edificação (Figura 80), (Quadro 2) e (Tabela 17);
- C – Especularidade das Fachadas Externas à Edificação (Figura 81), (Quadro 3) e (Tabela 18);
- D – Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício (Figura 82) e (Quadro 4).

Debaixo do título referente a cada parâmetro foi inserido um link denominado “+ Informações”, elas servem para subsidiar a análise e foi elaborada com base em Normas, Regulamentos, Referência Bibliográfica entre outros. Este campo só é aberto caso o usuário do programa clique para saber mais informações referentes ao parâmetro. Todas as informações referentes a cada parâmetro serão apresentadas logo após a imagem referente aos seus respectivos parâmetros.

NÍVEL I – ESPAÇO URBANO

PARÂMETRO A – DESENHO URBANO

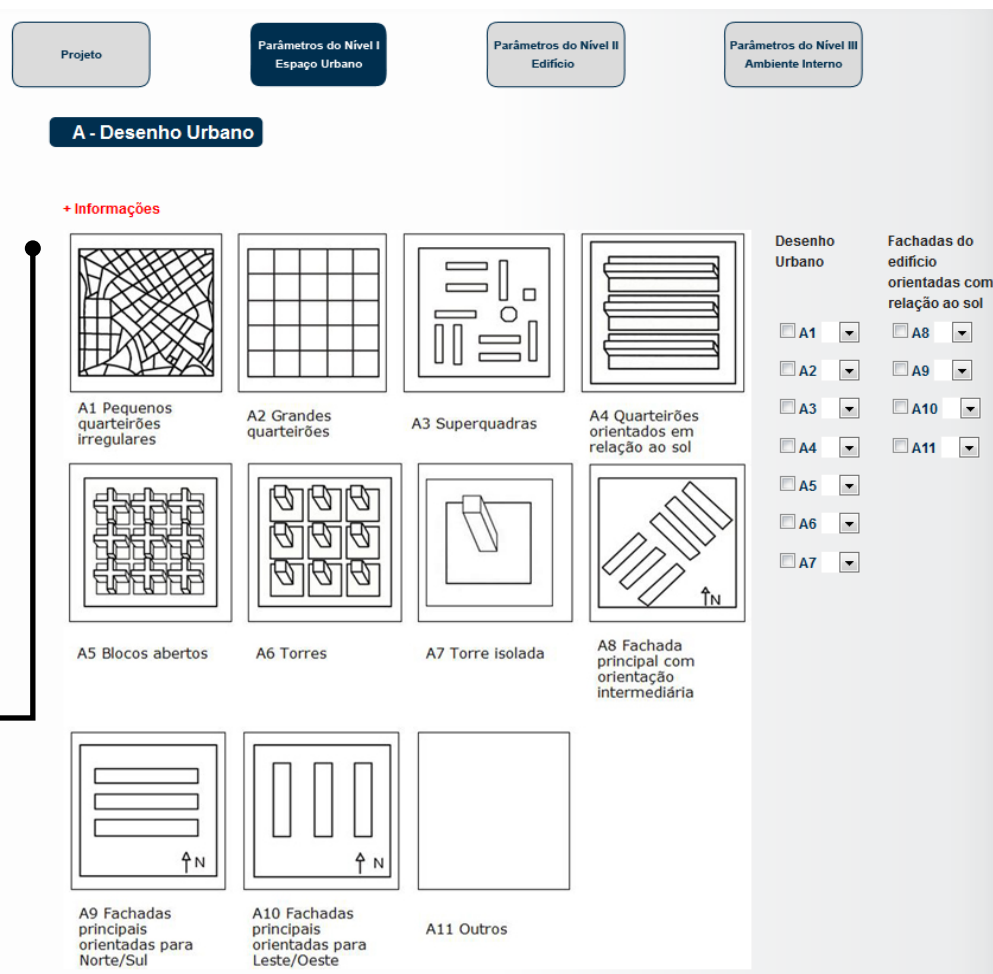


Figura 79 – Parâmetro A – Desenho Urbano e suas variáveis (A1 a A11).

Quadro 1 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro A.

+ Informações

Obs. 1: Todas as análises referentes aos parâmetros deste nível deverão ser analisadas com foco no Espaço Urbano, considerado como entorno do edifício.

Obs. 2: Depois de assinalar o tipo de Desenho Urbano que o edifício está inserido (A1, A2, A3, A4, A5, A6 e A7), assinalar também como as fachadas do edifício estão orientadas com relação à insolação (A8, A9, A10).

As variáveis do parâmetro A - Desenho Urbano = têm impacto na quantidade de luz natural (difusa ou direta) que chega ao edifício, na radiação solar, na porção do céu visível, na visão para o exterior e na ventilação do edifício (ambiente interno e externo) (AMORIM, 2007).

A4 - Quarteirões orientados em relação ao sol

Quarteirões de forma retangular apresentam valores mais altos de áreas potencialmente expostas, porque possuem maior superfície de acesso ao sol (MASCARÓ, 2006, p.61).

A6 - Torres

Edifícios altos ou torres podem acarretar problemas de acesso ao sol nos edifícios vizinhos. Quanto mais alto for o edifício, maior será a sombra que ele projetará nos edifícios à sua volta. Um edifício de 16 pavimentos projeta uma sombra 43% maior do que aquela de um edifício de um pavimento ao meio-dia do solstício de inverno. Assim, se um edifício ficar próximo de uma torre, ele ficará na sombra durante a maior parte do ano (ROAF; CRICHTON; NICOL, 2009, p.272).

• PARÂMETRO B – REFLETÂNCIA DAS FACHADAS EXTERNAS À EDIFICAÇÃO

B – Refletância das Fachadas Externas à Edificação Analisada

Informações

B1 Alta (0,5 a 1,0 de refletância) B2 Média (0,3 a 0,5 de refletância) B3 Baixa (0,0 a 0,3 de refletância)

Fachada Norte	Fachada Sul
<input type="radio"/> B1	<input type="radio"/> B1
<input type="radio"/> B2	<input type="radio"/> B2
<input type="radio"/> B3	<input type="radio"/> B3
<input type="radio"/> Não há edificação no entorno.	<input type="radio"/> Não há edificação no entorno.
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Fachada Leste	Fachada Oeste
<input type="radio"/> B1	<input type="radio"/> B1
<input type="radio"/> B2	<input type="radio"/> B2
<input type="radio"/> B3	<input type="radio"/> B3
<input type="radio"/> Não há edificação no entorno.	<input type="radio"/> Não há edificação no entorno.
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Tabela de Refletância

Figura 80 – Parâmetro B – Refletância das Fachadas Externas à Edificação e suas variáveis(B1 a B3).

Quadro 2 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro B.

+ Informações

Este parâmetro deverá avaliar a refletância do entorno do edifício analisado, considerando outros edifícios, muros ou outras obstruções. O grau de refletância *está relacionado diretamente à cor e ao tipo de superfície* (AMORIM, 2007). A refletância também pode ser definida como o quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT, 2005).

Considerando a refletância no espectro da radiação visível, esta varia de 0 (preto perfeito) a 1 (branco perfeito) (BAKER; STEEMERS, 2002, p.89). A refletância tem relação direta com a quantidade de luz natural que é refletida para o entorno e apresenta consequências em relação ao conforto visual e térmico (AMORIM, 2007). Mascaró (2006) ressalta a importância de se reconhecer o potencial de contribuição da iluminação proveniente da refletância urbana de superfícies iluminadas pelo sol. Considera-se que a refletância do entorno acima de 0,7 pode ser prejudicial, pois pode causar ofuscamento*. Verificar a refletância de alguns materiais na Tabela de Refletâncias (Tabela 18).

*Ofuscamento, segundo Lamberts et al (1998), é uma variação elevada da iluminação; quando isso ocorre, há desconforto ou até perda na visibilidade.

Tabela 18 – Tabela de Refletâncias referente ao Parâmetro B.

Classificação	Superfície	Refletância	SUPERFÍCIES	REFLETÂNCIA
A	Alta	de 0,5 a 1,0	Cerâmica vermelha	0,30
B	Média	de 0,3 a 0,5	Madeira clara	0,13-0,34
C	Baixa	de 0,0 a 0,3	Concreto aparente	0,55
<p>Fonte: RODRIGUES, Pierre. <i>Manual de Iluminação Eficiente</i>. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Julho/2002. http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/procel%20predio_public_manual_iluminacao.pdf</p>			Madeira escura	0,07-0,13
			Gesso (branco)	0,90-0,95
			Nuvens	0,80
			Granito	0,40
			Granolite	0,17
			Vegetação (média)	0,25
			Espelhos	0,80-0,90
			Alumínio polido	0,60-0,70
			Aço inox	0,55-0,65
			Vidros, janelas	0,15
			Bloco-concreto	0,40
			Marmore branco	0,45
			CORES	REFLETÂNCIA
			Amarela	0,30-0,70
			Azul	0,05-0,55
			Bege	0,25-0,65
			Branca	0,85-0,95
			Cinzenta	0,25-0,60
			Marfim	0,71-0,77
			Parda	0,08-0,50
			Pérola	0,72
			Preta	0,04-0,08
			Rosa	35-70
			Verde	12-60
			Vermelha	10-35
			(Fonte: MASCARÓ, Lúcia Elvira Raffó de. <i>Iluminação Natural dos Edifícios</i> , FAUUSP, s/d, p.37).	

SUPERFÍCIES	REFLETÂNCIA
Prata brilhante	0,93
Alumínio brilhante	0,85
Cal	0,8
Cobre brilhante	0,75
Lâmina cromada	0,72
Tinta de chumbo branca	0,71
Mármore branco	0,54
Pintura verde clara	0,50
Pintura de alumínio	0,45
Ardósia	0,43
Madeira Clara	0,40
Fibrocimento de um ano	0,29
Tijolo de argila vermelho	0,23-0,30
Tinta cinza	0,25
Preto fosco	0,03

(Fonte: *Arquitetura Bioclimática do Espaço Público*, Marta Adriana Bustos Romero, 2001)

PARÂMETRO C – ESPECULARIDADE DAS FACHADAS EXTERNAS À EDIFICAÇÃO

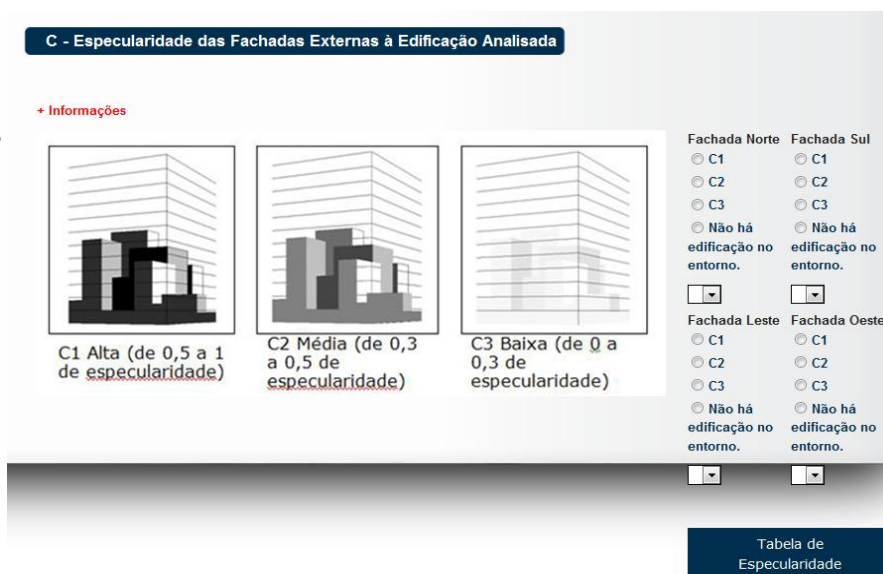


Figura 81 – Parâmetro C – Especularidade das Fachadas Externas à Edificação e suas variáveis (C1 a C3).

Quadro 3 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro C.

+ Informações

Esta variável deverá avaliar a especularidade das fachadas ou no entorno do edifício analisado, considerando outros edifícios, muros ou outras obstruções. A especularidade *está relacionada com a quantidade de luz refletida de maneira especular* para o edifício analisado (AMORIM, 2007). Uma superfície especular tem propriedades reflexivas, onde o ângulo de radiação visível incidente é igual ao ângulo de reflexão (BAKER; FANCHIOTTI; STEEMERS, 1998). Para esta avaliação, serão considerados materiais de baixa especularidade os que apresentarem índices de 0,0 a 0,3; materiais de média especularidade os que apresentarem índices de 0,3 a 0,5 e materiais de alta especularidade os que apresentarem índices de 0,5 a 1,0. Pode-se considerar que a especularidade do entorno acima de 0,5 pode ser prejudicial, causando ofuscamento. A Tabela de Especularidade (Tabela 19) apresenta índices de especularidade de alguns materiais.

Tabela 19 – Tabela de Especularidade referente ao Parâmetro C.

	Tipo de material	Especularidade		Tipo de material	Especularidade
1	cortiça	0	16	aço inoxidável	0,241
2	telhas cerâmica	0	17	alumínio fosco	0,362
3	linho	0	18	cobre polido	0,522
4	tijolo pintado	0	19	bronze	0,95
5	telha	0	20	ouro	0,95
6	asfalto	0	21	prata	0,98
7	grama	0	22	cromado	0,98
8	gesso branco fosco	0	23	vidro espelhado prata	1
9	gesso branco polido	0,005	24	vidro espelhado dourado	1
10	vidro jateado	0,028	25	vidro espelhado dourado	1
11	ferro fundido	0,05	26	aço inoxidável	1
12	granito	0,05			
13	asfalto	0,05			
14	porcelana branca	0,05			
15	mámore	0,1			
Fonte: Adaptado do Banco de dados do Programa RADIANCE (WARD).					
Legenda					
0,0 a 0,3 baixa especularidade					
0,3 a 0,5 média especularidade					
0,5 a 1,0 alta especularidade					

PARÂMETRO D – ÂNGULO MÁXIMO DE INCIDÊNCIA DO SOL NA FACHADA DO EDIFÍCIO

D - Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício

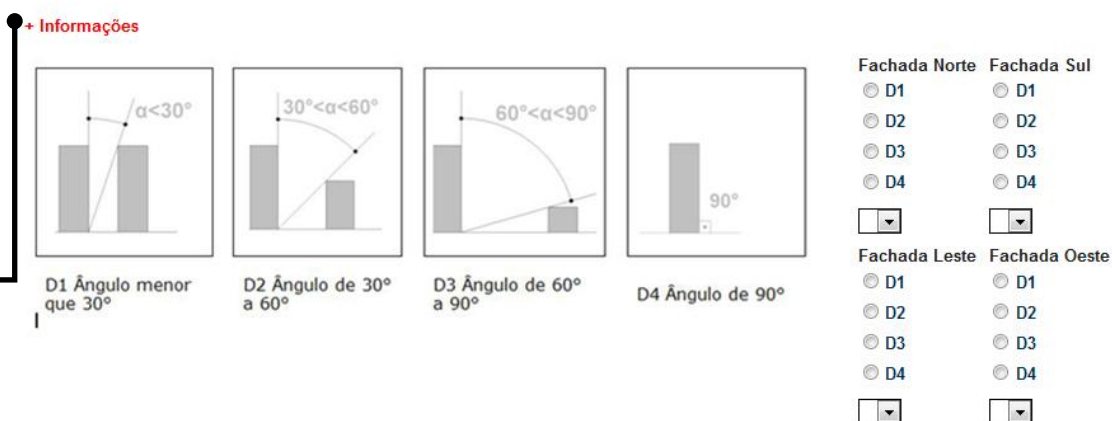


Figura 82 – Parâmetro D – Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício e suas variáveis (D1 a D4).

Quadro 4 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro D.

+ Informações

O ângulo máximo de incidência do sol na fachada do edifício está relacionado com a insolação e iluminação recebidas pelo mesmo. As implicações desta variável estão relacionadas à luz natural que chega aos ambientes internos e à visão do céu (AMORIM, 2007). Quanto maior a área de abóbada celeste (céu) visível a partir de um ponto na superfície terrestre, maior é a capacidade de iluminar naturalmente (MASCARÓ, 2009).

D1 - Ângulo menor que 30°

Edifícios com ângulos menores que 30° de incidência do sol na fachada do edifício dependerão substancialmente da luz refletida, além de apresentar uma parcela reduzida do fator de céu visível (SUGA, 2005).

D2 - Ângulo de 30° a 60°

Edifícios com ângulos menores que 30° de incidência do sol na fachada do edifício dependerão substancialmente da luz refletida além de apresentar uma parcela reduzida do fator de céu visível (SUGA, 2005).

D3 - Ângulo de 60° a 90°

Edifícios com ângulos entre 60° e 90° de incidência do sol na fachada do edifício permitem maior acesso à incidência solar direta e maior parcela de fator de céu visível (SUGA, 2005).

D4 - Ângulo de 90°

Edifícios com ângulos de 90° de incidência do sol na fachada do edifício permitem elevada incidência solar direta e grande parcela total de fator de céu visível (AMORIM, 2007).

4.2.4 Quarta página do programa computacional com o método Diagrama Morfológico

Na seqüência, na quarta página do programa estão os parâmetros referentes ao Nível II – Edifício, são eles:

E – Planta Baixa e Forma (Figura 83) e (Quadro 5);

F – Refletância das Fachadas do Edifício Analisado (Figura 84), (Quadro 6) e (Tabela 19);

G – Especularidade das Fachadas do Edifício Analisado (Figura 85), (Quadro 7) e (Tabela 20);

H – Taxa de Abertura nas Fachadas (Figura 86) e (Quadro 8);

I – Distribuição das Aberturas nas Fachadas (Figura 87) e (Quadro 9);

J – Proteções Solares nas Fachadas (Figura 88) e (Quadro 10);

K – Aberturas Zenitais (Figura 89) e (Quadro 11);

NÍVEL II - EDIFÍCIO

PARÂMETRO E – PLANTA BAIXA E FORMA

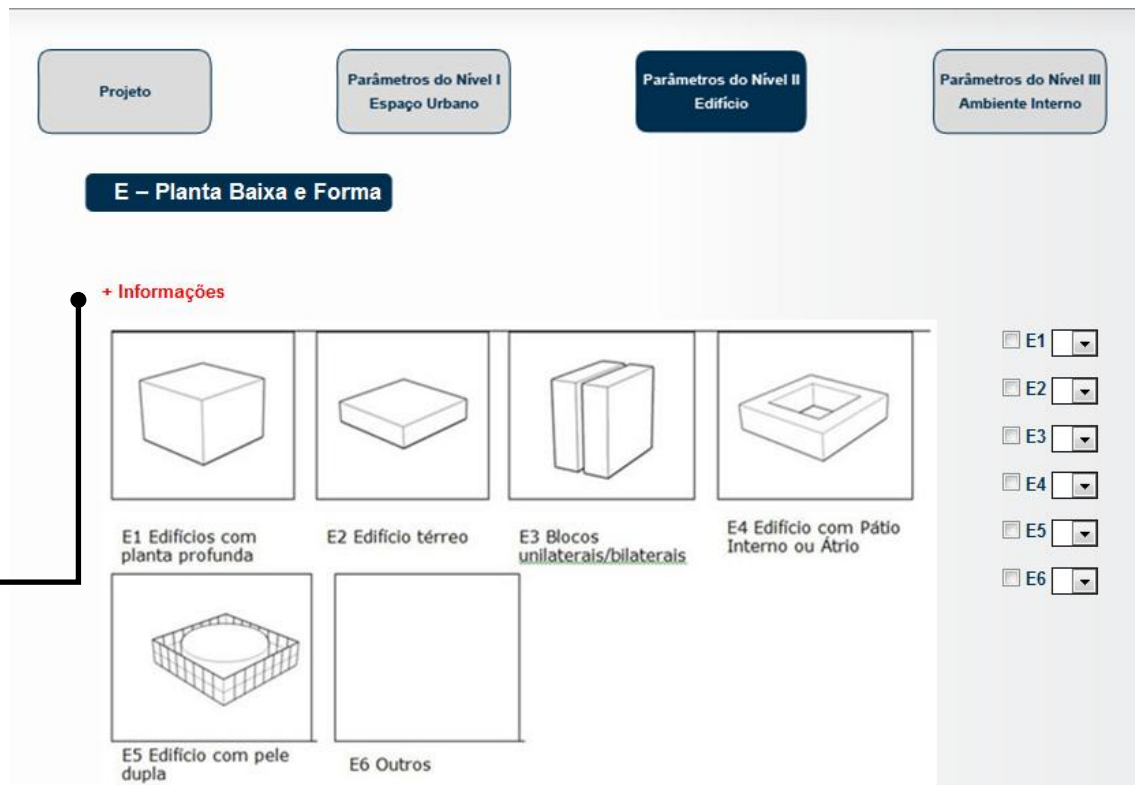


Figura 83 – Parâmetro E – Planta Baixa e Forma e suas variáveis (E1 a E6).

Quadro 5 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro E.

+ Informações

A planta baixa e a forma da edificação têm conseqüências nos aspectos de desempenho térmico e energético, condicionando também a penetração de luz no ambiente interno (AMORIM, 2007). A quantidade de luz que alcança o interior de um recinto iluminado lateralmente é uma função da distância até a janela, da altura da janela em relação ao piso e das dimensões da janela, além da reflexividade das superfícies do recinto. À medida que se afasta da parede da janela, a quantidade de luz natural diminui. Portanto, a largura do edifício é uma importante consideração de projeto para uma edificação que utiliza a iluminação natural (BROWN; DEKAY, 2004, p.174).

E1 - Edifícios com planta profunda

Edifícios com planta profunda apresentam maior dificuldade de aproveitamento de luz natural (AMORIM, 2007). A luz natural pode ser internalizada nas edificações com planta baixa profunda, seja através da iluminação zenital, em edifícios de um único pavimento, ou mediante o uso de grandes ambientes com alto pé-direito, iluminados lateralmente (BROWN; DEKAY, 2004, p.182).

E2 - Edifício térreo

Na planta profunda térrea a profundidade pode ser compensada com o uso de aberturas zenitais (AMORIM, 2007).

E3 - Blocos unilaterais/bilaterais

Edifícios com planta unilateral/bilateral apresentam forma alongada, com uma ou duas fontes de luz

lateral, que garantem boa possibilidade de uso de luz natural (AMORIM, 2007).

E4 - Edifício com Pátio Interno ou Átrio

O espaço de um pátio interno é fechado pelas paredes de um ou mais edifícios, e aberto para o exterior na cobertura e às vezes em uma das laterais (ver Figura 1). A luz natural e a ventilação são reduzidas em relação ao exterior. Os revestimentos das paredes influenciam no desempenho luminoso do pátio, cores claras e superfícies espelhadas aumentam a luminosidade (BAKER; FANCHIOTTI; STEEMERS, 1998, P. 5.10).

Os pátios internos que funcionam como poço de iluminação e são tradicionalmente configurados por edificações em O, U e E reduzem a quantidade de luz disponível às suas janelas porque as paredes do próprio pátio absorvem uma parcela de luz (BROWN; DEKAY, 2004, p.174).

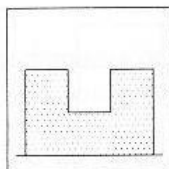


Figura 1 – Pátio Interno (BAKER; FANCHIOTTI; STEEMERS, 1998, p.5.10).

O átrio é um espaço fechado lateralmente pelas paredes de um edifício, com a cobertura fechada com material transparente ou translúcido (ver Figura 2). Permite a entrada de luz natural para outros espaços internos ligados a ele. Suas dimensões variam dependendo do tamanho do edifício. Os revestimentos internos devem ter altas refletâncias, para garantir a penetração da luz natural nos espaços adjacentes. Elementos de controle móveis podem ser acrescentados para evitar o aquecimento indesejado pelo sol (BAKER; FANCHIOTTI; STEEMERS, 1998, P. 5.11). O átrio age como um vínculo da parte externa para as partes internas do edifício (BELL; BURT, 1995, p.25).

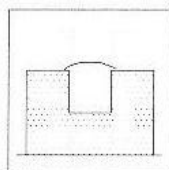


Figura 2 – Átrio (BAKER; FANCHIOTTI; STEEMERS, 1998, p.5.11).

Edifícios com átrio ou pátio interno conseguem otimizar a luz natural por meio do vazio interno (AMORIM, 2007).

PARÂMETRO F - REFLETÂNCIA DAS FACHADAS DO EDIFÍCIO ANALISADO

F – Refletância das Fachadas do Edifício Analisado

+ Informações

Fonte: Adaptado por LOPES, 2011 de: <http://www.nhit-shis.org/>

F1 Alta (0,5 a 1,0 de refletância)

Fonte: Adaptado por LOPES, 2011 de: <http://www.nhit-shis.org/>

F2 Média (0,3 a 0,5 de refletância)

Fonte: Adaptado por LOPES, 2011 de: <http://www.nhit-shis.org/>

F3 Baixa (0,0 a 0,3 de refletância)

Fachada Norte	Fachada Sul
<input type="radio"/> F1	<input type="radio"/> F1
<input type="radio"/> F2	<input type="radio"/> F2
<input type="radio"/> F3	<input type="radio"/> F3
<input type="text" value="v"/> ▾	<input type="text" value="v"/> ▾
Fachada Leste	Fachada Oeste
<input type="radio"/> F1	<input type="radio"/> F1
<input type="radio"/> F2	<input type="radio"/> F2
<input type="radio"/> F3	<input type="radio"/> F3
<input type="text" value="v"/> ▾	<input type="text" value="v"/> ▾

Tabela de Refletância

Figura 84 – Parâmetro F – Refletância das Fachadas do Edifício Analisado e suas variáveis (F1 a F3).

Quadro 6 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro F.

+ Informações

Este parâmetro deverá avaliar a refletância do edifício analisado. O grau de refletância **esta relacionado diretamente à cor e ao tipo de superfície** (AMORIM, 2007). A refletância também pode ser definida como o quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT, 2005). Considerando a refletância no espectro da radiação visível, esta varia de 0 (preto perfeito) a 1 (branco perfeito) (BAKER; STEEMERS, 2002, p.89). A refletância tem relação direta com a quantidade de luz natural que é refletida para o entorno e apresenta conseqüências em relação ao conforto visual e térmico (AMORIM, 2007). Mascaró (2006) ressalta a importância de se reconhecer o potencial de contribuição da iluminação proveniente da refletância urbana de superfícies iluminadas pelo sol. Considera-se que a refletância do entorno acima de 0,7 pode ser prejudicial, pois pode causar ofuscamento*. Verificar a refletância de alguns materiais na Tabela de Refletâncias (Tabela 20).

*Ofuscamento, segundo Lamberts et al (1998), é uma variação elevada da iluminação; quando isso ocorre, há desconforto ou até perda na visibilidade.

Tabela 20 – Tabela de Refletâncias referente ao Parâmetro F.

Classificação	Superfície	Refletância	SUPERFÍCIES	REFLETÂNCIA
A	Alta	de 0,5 a 1,0	Cerâmica vermelha	0,30
B	Média	de 0,3 a 0,5	Madeira clara	0,13-0,34
C	Baixa	de 0,0 a 0,3	Concreto aparente	0,55
Fonte: RODRIGUES, Pierre. <i>Manual de Iluminação Eficiente</i> . Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Julho/2002. http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/procel%20predio_pub_manual_iluminacao.pdf			Madeira escura	0,07-0,13
			Gesso (branco)	0,90-0,95
			Nuvens	0,80
			Granito	0,40
			Granolite	0,17
			Vegetação (média)	0,25
			Espelhos	0,80-0,90
			Alumínio polido	0,60-0,70
			Aço inox	0,55-0,65
			Vidros, janelas	0,15
			Bloco-concreto	0,40
			Marmore branco	0,45
			CORES	REFLETÂNCIA
			Amarela	0,30-0,70
			Azul	0,05-0,55
			Bege	0,25-0,65
			Branca	0,85-0,95
			Cinza	0,25-0,60
			Marfim	0,71-0,77
			Parda	0,08-0,50
			Pérola	0,72
			Preta	0,04-0,08
			Rosa	35-70
			Verde	12-60
			Vermelha	10-35
			(Fonte: MASCARÓ, Lúcia Elvira Raffó de. <i>Iluminação Natural dos Edifícios</i> , FAUUSP, s/d, p.37).	

SUPERFÍCIES	REFLETÂNCIA
Prata brilhante	0,93
Alumínio brilhante	0,85
Cal	0,8
Cobre brilhante	0,75
Lâmina cromada	0,72
Tinta de chumbo branca	0,71
Mármore branco	0,54
Pintura verde clara	0,50
Pintura de alumínio	0,45
Ardósia	0,43
Madeira Clara	0,40
Fibrocimento de um ano	0,29
Tijolo de argila vermelho	0,23-0,30
Tinta cinza	0,25
Preto fosco	0,03

(Fonte: Arquitetura Bioclimática do Espaço Público, Marta Adriana Bustos Romero, 2001)

PARÂMETRO G - ESPECULARIDADE DAS FACHADAS DO EDIFÍCIO ANALISADO

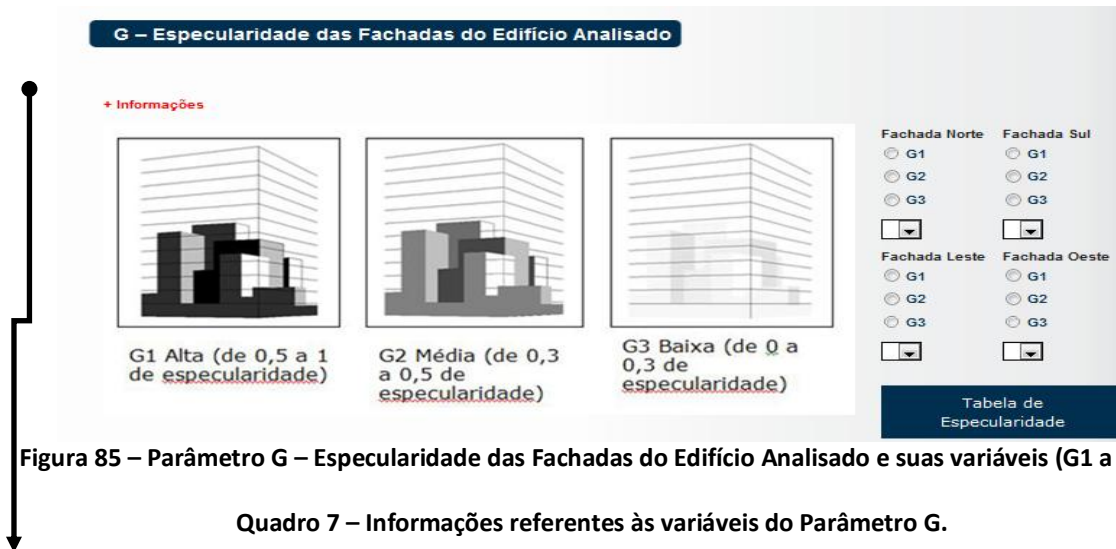


Figura 85 – Parâmetro G – Especificidade das Fachadas do Edifício Analisado e suas variáveis (G1 a G3).

Quadro 7 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro G.

+ Informações
 Neste parâmetro deve-se avaliar a especificidade do edifício analisado. A especificidade das fachadas ***está relacionada com a quantidade de luz refletida de maneira especular para o edifício analisado*** (AMORIM, 2007). Uma superfície especular tem propriedades reflexivas, onde o ângulo de radiação visível incidente é igual ao ângulo de reflexão (BAKER; FANCHIOTTI; STEEMERS, 1998, p. 4.2). Para esta avaliação, serão considerados materiais de baixa especificidade os que apresentarem índices de 0,0 a 0,3; materiais de média especificidade os que apresentarem índices de 0,3 a 0,5 e materiais de alta especificidade os que apresentarem índices de 0,5 a 1,0. Pode-se considerar que a especificidade do entorno acima de 0,5 pode ser prejudicial, causando ofuscamento. A Tabela de Especificidade (Tabela 21) apresenta índices de especificidade de alguns materiais.

Tabela 21 – Tabela de Especificidade referente ao Parâmetro G.

	Tipo de material	Especificidade		Tipo de material	Especificidade
1	cortiça	0	16	aço inoxidável	0,241
2	telhas ceramica	0	17	alumínio fosco	0,362
3	linho	0	18	cobre polido	0,522
4	tijolo pintado	0	19	bronze	0,95
5	telha	0	20	ouro	0,95
6	asfalto	0	21	prata	0,98
7	grama	0	22	cromado	0,98
8	gesso branco fosco	0	23	vidro espelhado prata	1
9	gesso branco polido	0,005	24	vidro espelhado dourado	1
10	vidro jateado	0,028	25	vidro espelhado dourado	1
11	ferro fundido	0,05	26	aço inoxidável	1
12	granito	0,05			
13	asfalto	0,05			
14	porcelana branca	0,05			
15	mámore	0,1			

Fonte: Adaptado do Banco de dados do Programa RADIANCE (WARD).

Legenda	
0,0 a 0,3	baixa especificidade
0,3 a 0,5	média especificidade
0,5 a 1,0	alta especificidade

PARÂMETRO H – TAXA DE ABERTURA NAS FACHADAS

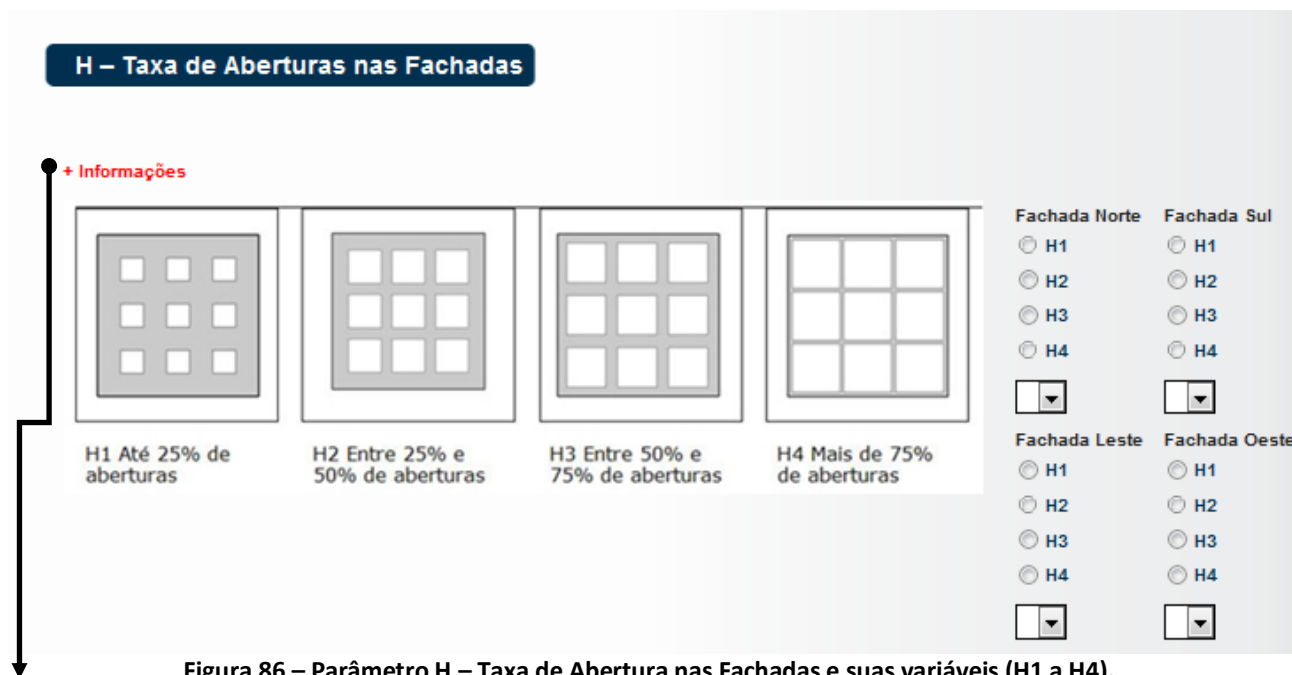


Figura 86 – Parâmetro H – Taxa de Abertura nas Fachadas e suas variáveis (H1 a H4).

Quadro 8 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro H

+ Informações

As variáveis deste parâmetro condicionam as trocas térmicas, a quantidade e qualidade de luz natural, a visão para o exterior e os aspectos energéticos do edifício (AMORIM, 2007)

H1 - Até 25% de aberturas

Para a variável H1 "até 25% de aberturas", isto é, pequena taxa de aberturas na fachada, considerar a orientação da fachada e os ambientes atendidos pelas aberturas. Verificar área mínima de abertura para iluminação segundo o código de obras local. Obs. Entende-se por taxa de abertura na fachada o percentual de área aberta para iluminação com relação à área de fachada total, considerando áreas envidraçadas ou não (AMORIM, 2007).

H2 - Entre 25% e 50% de aberturas

Para a variável H2 "entre 25% e 50% de aberturas", isto é, taxa média de aberturas na fachada, considerar a orientação da fachada e os ambientes atendidos pelas aberturas. Verificar área mínima de abertura para iluminação segundo o código de obras local. Obs. Entende-se por taxa de abertura na fachada o percentual de área aberta para iluminação com relação à área de fachada total, considerando áreas envidraçadas ou não (AMORIM, 2007).

H3 - Entre 50% e 75% de aberturas

Para a variável H3 "entre 50% a 75% de aberturas", isto é, taxa alta de aberturas na fachada, pode-se considerar que uma taxa de aberturas envidraçadas maior que 50% da área de fachada pode causar problemas térmicos em todos os tipos de climas (BANNISTER et al, 1998). Obs. Entende-se por taxa de abertura na fachada o percentual de área aberta para iluminação com relação à área de fachada total, considerando áreas envidraçadas ou não (AMORIM, 2007).

H4 - Mais de 75% de aberturas

Alguns estudos indicam que mais de 50% de aberturas envidraçadas pode ser prejudicial em qualquer tipo de clima (BANNISTER et al, 1998).

PARÂMETRO I – DISTRIBUIÇÃO DAS ABERTURAS NAS FACHADAS



Quadro 9 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro I.

+ Informações

A distribuição das aberturas nas fachadas interfere diretamente na entrada de luz (direta ou difusa), do controle solar, do controle térmico e consumo energético (AMORIM, 2007). De acordo com Vianna e Gonçalves (2001) os peitoris envidraçados abaixo do plano de trabalho (altura de aproximadamente 0,75m) não contribuem para a iluminação. A luz que penetra por esta parte da abertura está abaixo do plano de trabalho, por essa razão dificilmente incidirá sobre ele, não contribuindo para a iluminação neste ponto.

I1 - Fachadas uniformes

"Fachadas uniformes" não consideram as diferenças entre as diversas orientações (solar, iluminação e de ventilação).

I2 - Fachadas não uniformes - com relação à orientação solar

"Fachadas não uniformes – com relação a orientação solar" apresentam preocupação com as questões relacionadas à orientação (solar, iluminação de ventilação). Neste caso encontram-se tratamentos de fachada diferenciados com relação ao sol (áreas e tipos de aberturas, proteções solares diferenciadas - horizontais, verticais e /ou mistas).

I3 - Fachadas não uniformes - com relação ao espaço urbano

"Fachadas não uniformes – com relação ao espaço urbano" ocorre quando uma edificação apresenta fachadas diferentes (dimensões, materiais, proteções solares) com relação ao espaço urbano. Nesse caso, leva-se em consideração o seu entorno, as vias principais, os acessos e não a orientação solar.

PARÂMETRO J – PROTEÇÕES SOLARES NAS FACHADAS



Figura 88 – Parâmetro J – Proteções Solares nas Fachadas e suas variáveis (E1 a E6).

Quadro 10 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro J.

+ Informações

Existem vários tipos de proteções solares que podem ser utilizadas nas fachadas, dentre elas brises, marquises, beirais e outros. As proteções solares podem proteger as janelas dos ganhos térmicos solares e, ao mesmo tempo, preservar a visibilidade celeste e reduzir o ofuscamento, no entanto, podem diminuir os níveis de iluminação natural internamente (BROWN; DEKAY, 2004, p.283). Para a reflexão da luz natural, os protetores solares devem ser de cor clara, para refletir uma grande proporção de luz difusa no ambiente (DUNSTER, 1978, p.51). Como a luz refletida pelas proteções solares é uma fonte potencial de ofuscamento, eles devem ser cuidadosamente localizados, para evitar o campo visual dos usuários (BROWN; DEKAY, 2004, p.283). Deve-se selecionar materiais e acabamentos que refletem a luz (tinta branca) e não o calor (materiais polidos). Proteções solares em fachadas ensolaradas podem parecer escuros no lado sombreado, como na parte de baixo de um beiral. Isto, em contraste com as superfícies mais bem iluminadas, pode causar a sensação de ofuscamento. Portanto, os lados sombreados dos protetores solares devem ter cores claras (BROWN; DEKAY, 2004, p.284). As proteções solares nas fachadas irão condicionar a entrada de luz direta/difusa, os ganhos térmicos e a vista para o exterior (AMORIM, 2007). Existe um método que define os ângulos de proteção solar mínimos por fachada (BRASIL, 2011), ele foi aplicado para as cidades que dispõem de Normais Climatológicas (INMET, 1992) e cada uma delas possui uma tabela com os ângulos mínimos de proteção solar por fachada (como a tabela abaixo de Brasília). Estas tabelas são úteis para comparar se o ângulo de proteção estabelecido em um projeto está compatível com a recomendação para aquela cidade, se não, o projetista tem a possibilidade de adequar esta questão no projeto e proporcionar melhores condições de iluminação natural no ambiente interno. É importante esclarecer que os ângulos recomendados são mínimos, cabe ao arquiteto definir se irá utilizar um ângulo maior ou menor que o recomendado. O método combina a incidência de radiação solar com as temperaturas do ar, para evitar sobreaquecimento. Não leva em consideração o ofuscamento nem garante nenhuma condição de iluminação natural. Para esta análise deve-se considerar os ângulos de proteção determinados para áreas de janelas > 25% da área do piso.

FACHADA NORTE		Brasília	
Edificações Residenciais			
Área da janela < 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
-	-	-	-
Área da janela > 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
-	-	30°	30°

FACHADA NORDESTE		Brasília	
Edificações Residenciais			
Área da janela < 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
-	-	-	-
Área da janela > 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
-	-	-	-

FACHADA SUL		Brasília	
Edificações Residenciais			
Área da janela < 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
-	-	-	-
Área da janela > 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
-	-	-	-

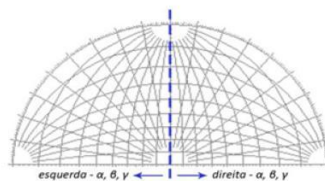
FACHADA SUDOESTE		Brasília	
Edificações Residenciais			
Área da janela < 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
-	-	-	-
Área da janela > 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
65°	-	-	55°

FACHADA LESTE		Brasília	
Edificações Residenciais			
Área da janela < 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
-	-	-	-
Área da janela > 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
60°	-	-	25°

FACHADA SUDESTE		Brasília	
Edificações Residenciais			
Área da janela < 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
-	-	-	-
Área da janela > 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
-	-	-	-

FACHADA OESTE		Brasília	
Edificações Residenciais			
Área da janela < 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
70°	-	-	40°
Área da janela > 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
70°	-	-	25°

FACHADA NOROESTE		Brasília	
Edificações Residenciais			
Área da janela < 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
65°	-	-	50°
Área da janela > 25% área do piso			
α	β_d	β_e	γ_e
70°	-	-	60°



Onde:

α : ângulo de proteção horizontal recomendado;

γ_e : ângulo de extensão lateral esquerdo da proteção recomendado;

γ_d : ângulo de extensão lateral direito da proteção recomendado;

β_e : ângulo de proteção vertical esquerdo recomendado;

β_d : ângulo de proteção vertical direito recomendado;

α_p : ângulo de proteção horizontal projetado;

γ_{ep} : ângulo de extensão lateral esquerdo da proteção projetado;

γ_{dp} : ângulo de extensão lateral direito da proteção projetado;

β_{ep} : ângulo de proteção vertical esquerdo projetado;

β_{dp} : ângulo de proteção vertical direito projetado;

Tabela 1 - Ângulos mínimos indicados para protetores solares para a cidade de Brasília e sentido adotado para leitura dos ângulos (Fonte: BRASIL, 2011).

J1 - Pórticos e varandas

Pórticos e varandas podem ser considerados como um tipo de brise horizontal, pois apresentam os mesmos conceitos que este tipo de elemento - eixo horizontal paralelo à fachada a ser protegida e também ao plano. São mais eficientes nas horas do dia em que o sol está mais alto e menos eficientes nas horas próximas ao nascer e por do sol (BITTENCOURT, 2004).

J2 - Brise

Brises também são chamados de quebra-sol ou protetores solares. Estes são utilizados para barrar os raios solares sem impedir a visão e a ventilação, reduzindo o excesso de luminosidade nos ambientes internos (BITTENCOURT, 2004). De acordo com Bittencourt (2004), os brises móveis são mais eficientes, pois podem ser ajustados em função da variação dos raios solares, ao longo do ano e das horas do dia, no entanto, são mais caros devido à engrenagem necessária aos seus movimentos.

BITTENCOURT (2004) esclarece que para definir os ângulos dos brises é utilizada a carta solar (representação gráfica do percurso do sol na abóbada celeste da terra, nos diferentes períodos do dia e do ano). O ângulo alfa é o que representa a proteção horizontal, o beta define a proteção vertical, e o gama delimita o término de um protetor horizontal ou vertical. Para definir a sombra da proteção solar na carta solar é utilizado o transferidos auxiliar (Figura 1).

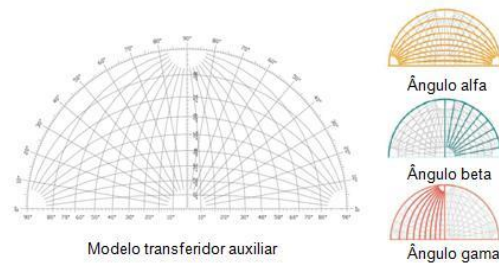


Figura 1 - Modelo de transferidor auxiliar e os ângulos de proteções solares: alfa (proteção horizontal), beta (proteção vertical) e gama (delimita o fim de um tipo de proteção solar seja horizontal ou vertical) (BRASIL, 2011).

Brise Vertical

Os brises verticais são elementos situados perpendicularmente em relação ao plano horizontal (ver Figura 2). São mais eficientes nas fachadas onde a maior parte da incidência se afasta da perpendicular à fachada (fachadas norte, sul, sudeste, nordeste e sudoeste) e nas horas próximas a aurora e ao alvorecer. São menos eficientes nos horários do dia em que o sol está alto (BITTENCOURT, 2004).

Brises verticais são colocados na parte externa de uma fachada, e fixo verticalmente nas laterais da abertura. Reflete e redireciona a luz natural; dependendo da localização, a radiação solar direta pode ser evitada. As dimensões são determinadas de acordo com as necessidades de sombreamento. Normalmente é tão alto quanto a janela. Estima-se que 50% seja a redução da iluminação natural provocada por brises verticais instalados a 45° em relação à fachada (ANDER E NAVVAB, 1983, P.180).

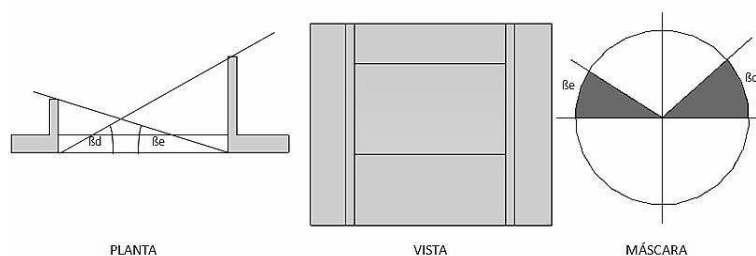


Figura 2 - Exemplo em corte, vista e máscara na carta solar de um brise ou protetor solar vertical (ângulo beta).

Brise Horizontal

Os brises horizontais são placas cujos eixos horizontais estão paralelos à fachada a ser protegida e também ao plano horizontal (Figura 3). As marquises, beirais, pórticos e varandas se enquadram dentro desta categoria de protetores solar. Este tipo de proteção solar é mais eficiente nas horas do dia em que o sol está mais alto e menos eficientes nas horas próximas ao início e fim do dia, horário em que o sol está mais baixo (BITTENCOURT, 2004).

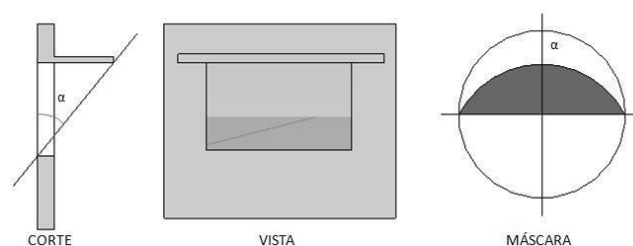


Figura 3 - Exemplo em corte, vista e máscara na carta solar de um brise ou protetor solar horizontal (ângulo alfa).

Brise Misto

Os brises mistos são combinações simultâneas de protetores verticais com horizontais (ver Figura 4). O brise-soleil, cobogó, elementos vazados são todos protetores solares mistos (BITTENCOURT, 2004).

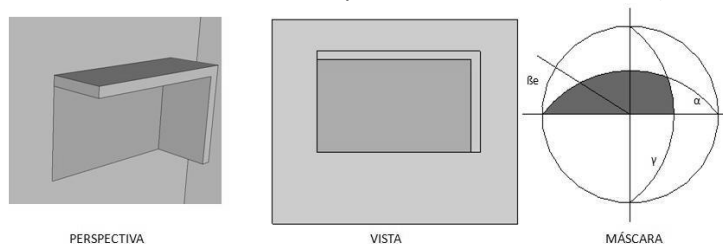


Figura 4 - Exemplo em perspectiva, vista e máscara na carta solar de um brise ou protetor solar misto (ângulo alfa, beta e gama).

J3 - Cobogós

Cobogó é um micro-quebra-sol ou elemento vazado, ou seja, um brise misto em escala reduzida. Pode funcionar como filtro do eventual excesso de luz natural, sem barrar a ventilação (BITTENCOURT, 2004).

J4 - Beirais e Marquises

Beirais e marquises são partes do edifício, que se prolongam horizontalmente a partir da fachada em cima de um componente de passagem. Protege as zonas adjacentes à abertura, obstruindo os ângulos altos de radiação solar direta. Resulta em níveis menores de iluminação interna, parcialmente protegendo as fachadas contra chuva. Um beiral utilizado em fachadas leste ou oeste não protege contra os raios solares nas primeiras horas da manhã e no final da tarde (BAKER; STEEMERS, 1998).

Podem ser considerados como um tipo de brise horizontal, pois apresentam o mesmo conceito que este tipo de elemento - eixo horizontal paralelo à fachada a ser protegida e também ao plano. São mais eficientes nas horas do dia em que o sol está mais alto e menos eficientes nas horas próximas ao nascer e por do sol (BITTENCOURT, 2004).

J5 - Pergolados

Os pergolados também conhecidos como pérgola podem ser utilizadas como eficiente protetor solar, principalmente onde é necessária a circulação de ar.

J6 - Vegetação na fachada

A vegetação na fachada é considerada como a "quinta fachada" por Ken Yeang (2001). A vegetação na fachada pode contribuir para a redução da necessidade de refrigeração interna em até 40%, a depender do tipo de vegetação utilizada na fachada. Além disso, pode contribuir para a redução da demanda energética e dos efeitos da "ilha de calor"* (YEANG, 2001, p.236). Além disso, a transpiração da água por parte das plantas ajuda a controlar e regular a umidade e temperatura do ar (YEANG, 2001, p.237). Existem três estratégias básicas para incorporar a vegetação nos edifícios: justaposição, entrelaçamento e integração (Figura 1).

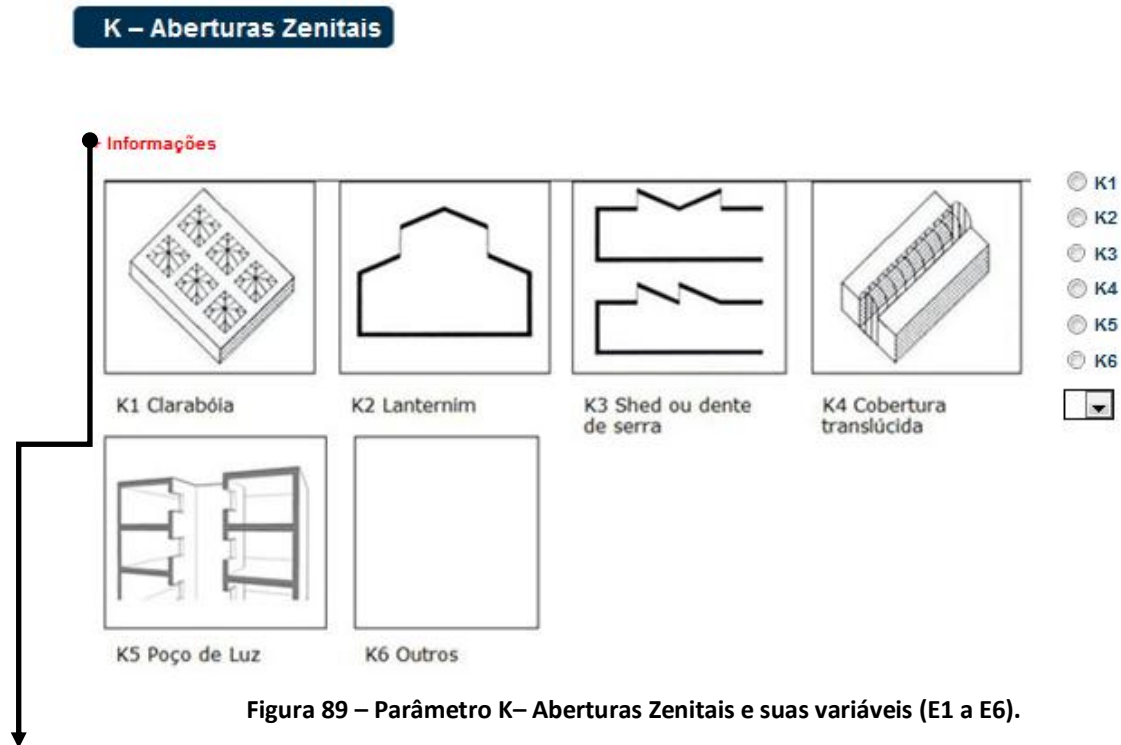


Figura 1 - Três estratégias para incorporar a vegetação nos edifícios (YANG, 2001, p.238).

J7 - Elementos Perfurados

Elementos perfurados permite que uma pequena quantidade de luz penetre na superfície de proteção, clareando a aparência do lado inferior e, ao mesmo tempo, mantendo o bloqueio da maior parte da radiação (BROWN; DEKAY, 2004, p.284).

PARÂMETRO K – ABERTURAS ZENITAIS



Quadro 11 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro K.

+ Informações

Considera-se a iluminação zenital como a luz natural que entra através dos fechamentos superiores (coberturas) dos espaços internos (ABNT, 2005). O tipo de abertura zenital, sua forma e inclinação irão condicionar a distribuição de luz natural, sua quantidade e qualidade (direta ou difusa) e os ganhos térmicos da edificação. De maneira geral, os zenitais com superfícies iluminantes horizontais apresentam maiores ganhos térmicos e maior possibilidade de ofuscamento por reflexão, permitindo a entrada de luz direta (AMORIM, 2007).

Para Vianna e Gonçalves (2001) a ausência de incidência direta de radiação solar no plano de trabalho, evita ofuscamento e contrastes excessivos, além disso, esses autores afirmam que a distribuição da luz por aberturas zenitais depende da forma do zenital e da altura entre o plano de trabalho e o elemento zenital.

O uso da iluminação através de aberturas zenitais possibilita uma maior uniformidade de distribuição da luz natural em relação à iluminação lateral e, principalmente, permite maiores níveis de iluminância sobre o plano de trabalho (VIANNA e GONÇALVES, 2001). A iluminação zenital possui enorme capacidade em captar a radiação luminosa, quer do sol, quer da abóbada celeste. Em termos de conforto luminoso, é adequada e apresenta grande funcionalidade ao ser utilizada em espaços com grande dimensão e/ou profundidade como em edifícios de escritórios, bancos, museus, bibliotecas e centros comerciais. Entretanto, em termos de conforto térmico, torna-se necessário que a iluminação zenital seja controlada, sendo importante considerar fatores como: o clima local, as condições de céu, o índice de nebulosidade, a iluminância e a tipologia e formato do zenital (VIANNA e GONÇALVES, 2001) (GARROCHO, 2009).

Segundo Vianna e Gonçalves (2001) para evitar um aumento indesejável da carga térmica na edificação, a área iluminante zenital não deve ultrapassar 10% da área do piso. Isto, no entanto, é uma recomendação genérica que deve ser observada individualmente para cada tipologia de zenital como também para os materiais empregados nas superfícies iluminantes.

Outro fator importante nesse tipo de iluminação é quanto à manutenção, a limpeza e conservação regulares. Estes procedimentos são essenciais para manter os padrões de luz natural garantidos pelo projeto arquitetônico original. De acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de

Eficiência Energética de Edificações Residenciais, no caso de existência de aberturas zenitais, a edificação deve atender ao fator solar máximo do vidro ou do sistema de abertura para os respectivos PAZ (percentual de área de abertura zenital), de acordo com a Tabela 1 (BRASIL, 2011).

PAZ	0 a 2%	2,1 a 3%	3,1 a 4%	4,1 a 5%
FS	0,87	0,67	0,52	0,30

Tabela 1 - Limites de fator solar de vidro e de percentual de abertura zenital para cobertura (BRASIL,2011).

K1 - Clarabóia

A clarabóia se caracteriza por ser uma abertura horizontal na cobertura do edifício. Requer maior manutenção devido à posição mais horizontal da superfície iluminante. Deve-se ter atenção em relação às questões térmicas, e sua área não deve exceder a 10% da área de piso. Outro fator importante nesse tipo de abertura zenital é a dificuldade de sombreamento, já que os elementos que proporcionam isso também reduzem a iluminância do local (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

K2 - Lanternim

Lanternim é uma parte elevada da cobertura, freqüentemente no ponto mais alto, com aberturas verticais que permitem a entrada de luz. As dimensões são normalmente entre 0,5 e 1,5 m em altura e entre 0,5 e 2 m em diâmetro. Em alguns casos específicos podem ser maiores. O lanternim é normalmente feito com o mesmo material da cobertura. Quando aberto, é um meio efetivo de ventilação do edifício (BAKER; STEEMERS, 1998).

Caracteriza-se por apresentar duas faces opostas e iluminantes. Nesse tipo de abertura zenital deve-se ter os mesmos cuidados ao se utilizar uma abertura lateral. Nesse sentido, geralmente, sua laje de cobertura é executada com “abas” prolongadas com o intuito de proteger contra a penetração direta do sol. A melhor orientação para esse tipo de abertura zenital para o Brasil é Norte – Sul (N-S), sendo que para a face Norte é essencial o tratamento da insolação por meio de proteções solares para evitar o ofuscamento e ganho térmico (BAKER, 2002) (VIANNA e GONÇALVES, 2001) (GARROCHO, 2009).

Os zenitais do tipo lanternim apresentam maior vantagem do ponto de vista do controle da luz natural (AMORIM, 2007).

K3 - Shed ou dente de serra

Shed ou dente de serra consiste em uma série de aberturas sucessivas paralelas, com aberturas verticais ou inclinadas e que devem ser voltadas para o sul (hemisfério sul). A altura da abertura varia de 1 a 2,5m, e o comprimento normalmente é o mesmo da cobertura. Nas nossas latitudes, é aconselhável utilizar proteções solares para a radiação direta do verão (sul) (BAKER; STEEMERS, 1998). Esse tipo de abertura zenital é muito vinculado à arquitetura de fábricas e indústrias. É utilizada para iluminação de edifícios amplos e com pés direito altos. Deve-se ter atenção para os raios solares com menor inclinação (principalmente os do final de tarde), que podem ocasionar ofuscamento. Apresenta melhor desempenho quando a abertura está orientada a sul, para latitudes compreendidas entre 24º e 32º S, permitindo, assim, na maior parte do dia, a entrada da luz difusa. Para as latitudes compreendidas entre 0º e 24º, a orientação para sul não usufruirá da vantagem da luz difusa (BAKER, 2002) (VIANNA e GONÇALVES, 2001) (GARROCHO, 2009).

De acordo com Mascaró (1975) os elementos zenitais tipo “sheds” fornecem uma iluminação em torno de três quartos do valor obtido com a mesma superfície iluminante localizada continuamente sobre um teto horizontal.

Os zenitais do tipo shed ou dente de serra, assim como o lanternim, também apresentam maiores vantagens do ponto de vista do controle da luz natural (AMORIM, 2007).

K4 - Cobertura translúcida

Conforme Baker (1993), cobertura translúcida é um espaço envolto lateralmente por um edifício e coberto com materiais que permitem a passagem de luz natural. É projetado para otimizar a luz do sol nos espaços adjacentes a ele. Deve-se ter atenção em relação às questões térmicas, pois sua área não deve exceder a 10% da área de piso iluminado por ela. Não se pode esquecer que um nível maior de iluminância (lux), caso desse tipo de zenital, também significa maior ganho de calor, e portanto, maiores problemas térmicos, desconforto para o usuário, aumento do uso de ar-condicionado e maior consumo energético (BAKER, 2002) (VIANNA e GONÇALVES, 2001) (GARROCHO, 2009).

Outro fator importante nesse tipo de abertura zenital é a dificuldade de sombreamento, já que os elementos que proporcionam isso também reduzem a iluminância do local (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

K5 – Poço de Luz

Poço de luz é um espaço luminoso interno que conduz a luz natural para porções internas da edificação, geralmente com superfícies com acabamento com alta refletância (ABNT,2003). O piso inferior desse tipo de zenital deve apresentar cor clara para permitir maior reflexão para os ambientes situados no térreo (VIANNA e GONÇALVES, 2001). A eficiência do poço em transmitir a luz natural é uma função da refletância de suas paredes e do seu formato. Poços profundos e estreitos são menos eficientes. Para determinar a eficiência de iluminação de um poço de luz, localizar no eixo horizontal do Gráfico 1 o índice de poço, subir pela linha diagonal da refletância da parede do poço, e então, horizontalmente, para encontrar a eficiência na escala vertical (BROWN; DEKAY, 2004, p.256).

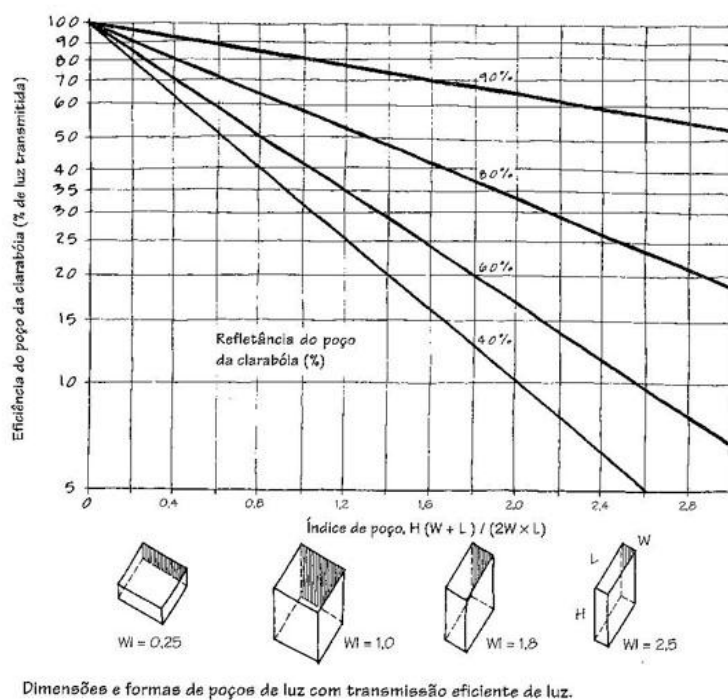


Gráfico 1 - eficiência de iluminação de um poço de luz (BROWN; DEKAY, 2004, p.256).

Da mesma forma, quanto menor for a eficiência do poço, maior deverá ser a clarabóia, para prover mesmo nível de iluminação. É importante que fique claro que é difícil proteger os vidros em posição horizontais do sol e elas estão sujeitas a níveis indesejáveis de radiação solar. Considerar a possibilidade de empregar vidros na posição vertical e sombreados (BROWN; DEKAY, 2004, p.256).

4.2.5 Quinta página do programa computacional com o método Diagrama Morfológico

Na quinta e última página referente ao método de análise de projeto com foco em conforto ambiental e ênfase em iluminação natural – Diagrama Morfológico encontra-se o Nível III – Ambiente Interno com seus respectivos parâmetros. No início da análise do Ambiente Interno foi criado um campo para identificar o “Uso do Ambiente Analisado” (Figura 90). Além disso, **há uma orientação para que se escolha ambientes relevantes da edificação para realizar a análise.** Depois deste campo existem outros quatro destinados a inserir a planta baixa e imagens do ambiente que será analisado.

Figura 90 – Início da última parte da análise: Nível III – Ambiente Interno.

Posteriormente a estes campos, estão os parâmetros referentes ao Nível III – Ambiente Interno do método. Os parâmetros são:

- L – Planta Baixa (Figura 91), (Quadro 12) e (Tabela 22);
- M- Posição do Coletor de Luz (Figura 92) e (Quadro 13);
- N- Dimensão do Coletor de Luz (Figura 93) e (Quadro 14);
- O – Forma do Coletor de Luz (Figura 94) e (Quadro 15);
- P – Controle de Entrada de Luz (Figura 95) e (Quadro 16);
- Q – Tipo de Envidraçado (Figura 96) e (Quadro 17);
- R – Refletância do Teto (Figura 97) e (Quadro 18);
- S- Refletância das Paredes (Figura 97) e (Quadro 18);
- T – Refletância do Piso (Figura 97) e (Quadro 18);
- U – Controle e Integração da Iluminação Artificial (Figura 98) e (Quadro 19).

NÍVEL III – AMBIENTE INTERNO

PARÂMETRO L – PLANTA BAIXA

Figura 91 – Parâmetro L – Planta Baixa e suas variáveis (L1 a L4).

Quadro 12 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro L.

+ Informações

Este parâmetro interfere na penetração e distribuição de luz natural do ambiente (AMORIM, 2007).

L1 - Unilateral

A variável L1 "planta unilateral" ocorre quando existe abertura em apenas um dos lados do ambiente. Deve-se tomar cuidado com a profundidade do ambiente para que a iluminação natural seja eficiente. Segundo Cintra (2011) pode-se seguir a seguinte orientação com relação à profundidade do ambiente:

Profundidade do ambiente deve ser menor ou igual a Equação 1: $2,6 \times ha$

ha: distância medida entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação, excluindo caixilhos.

L2 - Bilateral

A variável L2 "planta bilateral" ocorre quando existem aberturas em dois dos lados do ambiente. Esse tipo de planta pode proporcionar melhor uniformidade na distribuição da iluminação natural, no entanto, pode gerar ganhos térmicos para o ambiente (VIANNA e GONÇALVES, 2001). Deve-se sempre ter cuidado com a orientação e o percentual de abertura.

L3 - Ambiente profundo

A variável L3 "ambiente profundo" apresenta maior dificuldade de aproveitamento de luz natural (AMORIM, 2007). Segundo Cintra (2011) pode-se classificar o ambiente como profundo quando exceder a seguinte relação:

Profundidade do ambiente deve ser menor ou igual a $2,6 \times ha$.

ha: distância medida entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação, excluindo caixilhos (ver Figura 1 e Tabela 22).

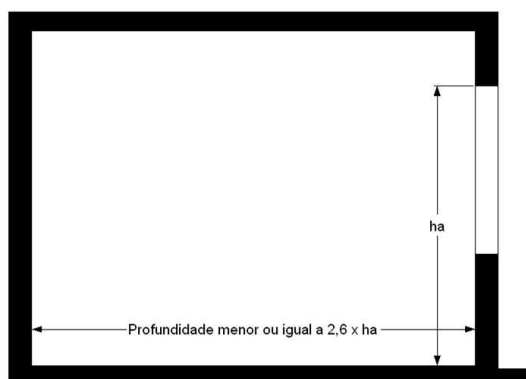


Figura 1 - Profundidade do ambiente com relação à iluminação natural.

Tabela 22 – Ambiente profundo e ambiente com profundidade adequada com relação à distribuição de iluminação natural lateral (CINTRA, 2013).

Altura da Janela (m)	Profundidade (m)																																						
	5	5,2	5,4	5,6	5,8	6	6,2	6,4	6,6	6,8	7	7,2	7,4	7,6	7,8	8	8,2	8,4	8,6	8,8	9	9,2	9,4	9,6	9,8	10	10,2	10,4	10,6	10,8	11	11,2	11,4	11,6	11,8	12			
2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2,2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2,4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2,6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2,8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3,2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3,4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3,6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3,8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4,2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4,4	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4,6	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4,8	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

■ Ambiente Profundo
■ Ambiente com profundidade adequada

PARÂMETRO M – POSIÇÃO DO COLETOR DE LUZ

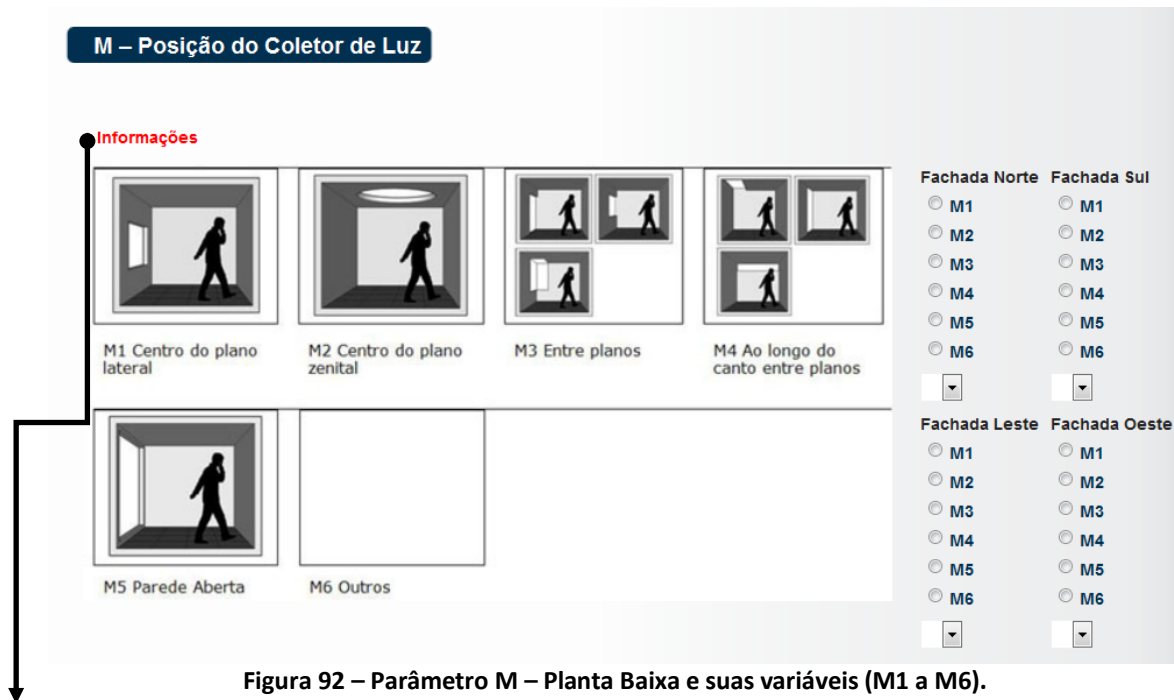


Figura 92 – Parâmetro M – Planta Baixa e suas variáveis (M1 a M6).

Quadro 13 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro M.

+ Informações

Este parâmetro terá influência na quantidade e distribuição de luz natural, na possibilidade de ofuscamento, visão para o exterior, ganhos térmicos e ventilação. De forma geral, janelas laterais mais altas garantem maior profundidade de penetração da luz natural. Por outro lado, é importante considerar a possibilidade de vista para o exterior, que as janelas altas não permitem, e também possíveis problemas de ofuscamento devido à visão da abóbada celeste (AMORIM, 2007).

A “vista” de uma janela pode ser dividida em três partes (Ver Figura 1) (BELL; BURT, 1995, p.19).

- Superior (distante) – a vista do céu, acima do skyline natural ou urbano;
- Média – o objeto ou a cena. Ex.: contorno das edificações, campos, árvores, montanhas;
- Inferior – a base da cena. Ex.: piso, vegetação e pavimentos.

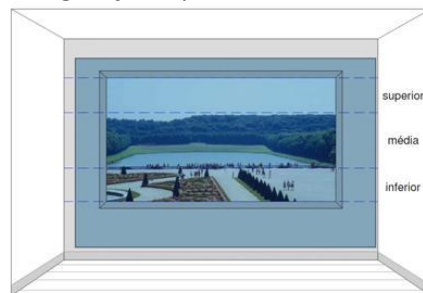


Figura 1 - Vista harmônica para o exterior. As três partes da vista são bem definidas (TOLEDO, 2008, p.27).

As vistas que contêm as três partes são mais satisfatórias para os usuários. Na prática isso não é sempre possível, mas se esta meta for perseguida desde o início do projeto, pode ser alcançada com mais facilidade. Vistas onde o céu não aparece costumam causar insatisfação (Figura 2) (BELL; BURT, 1995, p.19).

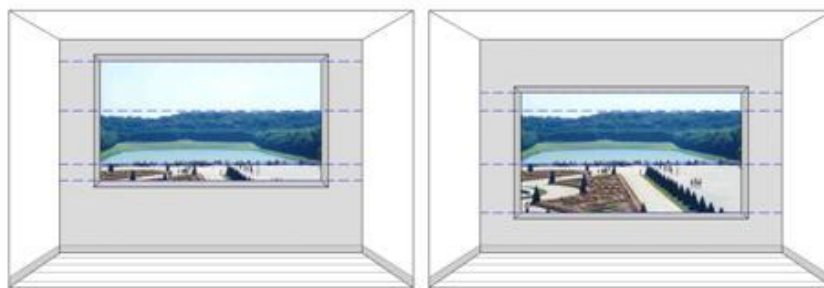


Figura 2 - Vistas indesejáveis para o exterior. Esquerda: abertura muito alta – vista desproporcional com muito céu. Direita: abertura muito baixa - vista desproporcional com pouco céu e muito solo (TOLEDO, 2008, p.28).

Para Vianna e Gonçalves, muito de uma boa iluminação natural se baseia na adequada localização do coletor de luz. Quanto mais alto o coletor de luz (janela) estiver posicionado maior será o fator de luz natural. Isso ocorre porque a luz de um coletor de luz (janela) mais alto vem de uma parte mais alta e mais brilhante do céu e atinge o plano de trabalho em um ângulo mais íngreme (BELL; BURT, 1995, p.25).

Janela baixa

Janelas baixas fornecem a iluminação mais uniforme em ambientes profundos através da distribuição da luz solar refletida no piso externo (Figura 3).

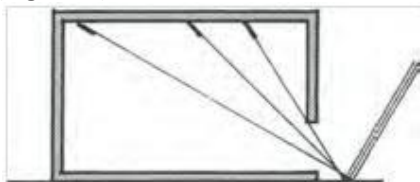


Figura 3 – Janelas baixas fornecem a mais uniforme iluminação refletida através da distribuição da luz refletida no piso externo (LAM, 1986, p.77).

No entanto, há algumas desvantagens:

- pode causar desconforto por causa da luz refletida próxima ou abaixo do nível dos olhos, aumentando o ofuscamento no plano de trabalho (LAM, 1986, p.77).
- Quando utilizadas como fonte primária de iluminação, pode acontecer contraste. A privacidade também pode ser um problema no caso de janelas baixas (LAM, 1986, p.78).

A janela baixa minimiza o ofuscamento e o superaquecimento da luz solar direta. A penetração da luz solar direta é mantida perto da janela, ou seja, na área ao longo do perímetro da parede e, geralmente, abaixo do nível do olho. Quando se usa janelas baixas, o contraste com a parede superior e o teto adjacente pode parecer sombrio (LAM, 1986, p.78).

O valor da vista de uma janela baixa depende da escala. Em ambientes com pé-direito alto esta vista pode ser adequada, mas no caso de pé-direito simples, normalmente é insatisfatória (Figura 4).

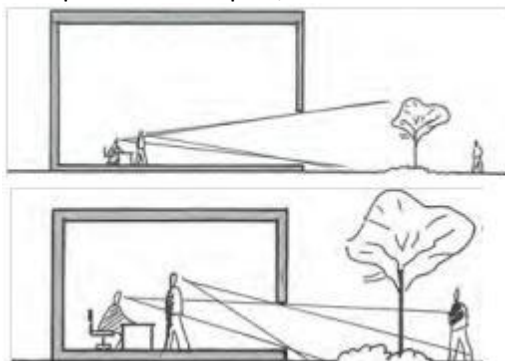


Figura 4 - Janelas baixas e suas vistas (LAM, 1986, p.78).

Janela média

A porção mediana de uma parede não é tão boa quanto a parte inferior para a distribuição da luz solar refletida pelo piso para ambientes profundos, nem tão boa quanto a parte superior para a distribuição da luz difusa do céu em ambientes profundos (Figura 5) (LAM, 1986, p.80).

No entanto, geralmente fornece a melhor vista com menor ofuscamento.

Uma desvantagem da janela média é a probabilidade de aumentar ao potencial de reflexão nos monitores de computadores (LAM, 1986, p.80).

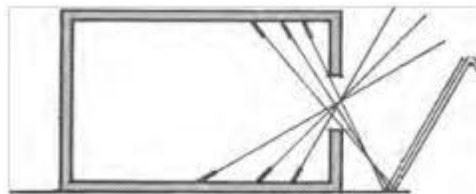


Figura 5 – A janela média não é ideal para a distribuição da luz solar ou luz do céu nublado refletida a partir do piso (LAM, 1986, p.80).

Janela alta

Janelas altas permitem a penetração mais profunda da iluminação lateral para o plano de trabalho e menos luz nas áreas próximas da janela (Figura 6) (LAM, 1986, p.79).



Figura 6 - Janelas altas proporcionam melhor distribuição da luz (LAM, 1986, p.79).

Além disso, são vantajosas do ponto de vista da privacidade e segurança, e ajudam a evitar ofuscamento nos monitores de computadores (LAM, 1986, p.79). A principal desvantagem da janela alta é que ela fornece menor distribuição da luz no teto a partir da reflexão no piso. Janelas altas podem aumentar a probabilidade de ofuscamento a partir da visão do céu e do sol, expondo a área mais brilhante do céu (LAM, 1986, p.79).

Além disso, a vista de uma janela alta provavelmente é menos satisfatória (LAM, 1986, p.79). Se houverem obstruções tais como prédios opostos, o ideal é colocar as janelas mais altas (BELL; BURT, 1995, p.25).

M1 - Centro do plano lateral

Esse tipo de janela permite a penetração lateral de radiação solar direta ou luz, vista para o exterior e ventilação natural. (BAKER; STEEMERS, 1998). Esse tipo de coletor de luz não proporciona uma iluminação uniforme no ambiente, isto é, o nível de iluminância diminui rapidamente com o aumento da profundidade (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

M2 - Centro do plano zenital

No caso do coletor de luz no “centro do plano zenital” Vianna e Gonçalves (2001) orientam que para evitar aumento indesejável da carga térmica na edificação, a área iluminante zenital não deve ultrapassar 10% da área do piso. Isto, no entanto, é uma recomendação genérica que deve ser observada individualmente para cada tipologia de zenital, como também para os materiais empregados nas superfícies iluminantes.

M3 - Entre planos

Ambientes com duas ou mais janelas são melhor iluminados do que aqueles com somente uma janela. Em ambientes com duas janelas, o efeito de uma se soma ao da outra, aumentando os níveis de iluminâncias e melhorando a uniformidade (VIANNA e GONÇALVES, 2001, p.140 - 141).

M4 - Ao longo do canto entre planos

Janelas largas e horizontais situadas na parte superior da parede proporcionam uma faixa de luz paralela à parede, porém bastante alargada, até o fundo do local. Com janelas em apenas um lado, a área logo abaixo das mesmas fica pobremente iluminada, criando-se ali um contraste desagradável, com a visão da abóbada celeste através das janelas (MASCARÓ, 1975).

De acordo com Vianna e Gonçalves (2001) as janelas mais baixas proporcionam uma iluminação próxima delas, enquanto que janelas altas proporcionam maior profundidade na distribuição da luz natural, em função da relação entre a altura do piso e a parte superior da janela. As janelas altas melhoram um pouco a uniformidade, pois a luz é levada mais para o fundo do ambiente.

M5 - Parede Aberta

Parede aberta são paredes construídas com materiais translúcidos, fazendo parte de um fechamento vertical do edifício. A superfície separa dois ambientes luminosos, permitindo a penetração de luz natural, que é difundida através do material translúcido, de forma homogênea. Pode ocupar uma área lateral inteira, de piso a teto, e a espessura pode variar de 5 a 30 cm, dependendo do material (tijolos de vidro, acrílicos, etc) (BAKER; STEEMERS, 1998).

Vianna e Gonçalves (2001) afirmam que os peitoris envidraçados abaixo do plano de trabalho (altura de aproximadamente 0,85m) não contribuem para a iluminação local. A luz que penetra por esta parte da abertura está abaixo do plano de trabalho, por essa razão dificilmente incidirá sobre ele, não contribuindo para a iluminação neste ponto.

Bannister (et al, 1998) afirmam que em geral mais de 50% de abertura é ruim para qualquer clima.

PARÂMETRO N – DIMENSÃO DO COLETOR DE LUZ

N – Dimensão do Coletor de Luz

Informações

The diagram illustrates six types of light collector openings (N1 to N6) and a control interface for each facade (North, South, East, West). The openings are defined as follows:

- N1: Abertura lateral de até 15%
- N2: Abertura lateral de 15% a 30%
- N3: Abertura lateral de acima de 30%
- N4: Abertura zenital de até 15%
- N5: abertura zenital de 15% a 30%
- N6: abertura zenital de acima de 30%

The control interface includes dropdown menus for each facade (Fachada Norte, Fachada Sul, Fachada Leste, Fachada Oeste) and each opening type (N1 to N6).

Figura 93 – Parâmetro N – Planta Baixa e suas variáveis (N1 a N6).

Quadro 14 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro N.

+ Informações

Esta variável irá influenciar nos ganhos térmicos e luminosos. A dimensão refere-se à porcentagem de área de abertura (envidraçada ou não) com relação à área opaca (AMORIM, 2007).

Relação entre superfície envidraçada (Sv) e Superfície do Local (SL)	Fatores que influem		Correções e Recomendações	
		Profundidade do local		1 ½ a distância entre o piso e a borda superior da janela
	Orientação da abertura	N-S	Sv/SL=15%	A Sv deve ser considerada a partir de 0,80m do piso
		E-W	Sv/SL=10%		Até 0,95m as condições se mantêm

Tabela 1 – Parâmetro de cálculo e pré-dimensionamento de aberturas (Fonte: MASCARÓ, Lúcia E. R. de. Iluminação Natural nos Edifícios, FAU/USP, s/d).

Se houver mais de uma janela no mesmo ambiente, a soma das superfícies de todas as janelas deve ser considerada de um ponto de vista luminoso em relação à área do ambiente. A seguinte classificação pode ser feita:

Muito pouca área de abertura: menos de 1% Pouca área de abertura: de 1 a 4% Área média de abertura: de 4 a 10% Área grande de abertura: de 10 a 25% Área muito grande de abertura: mais de 25% Como regra geral, pode-se dizer que área grande ou muito grande de abertura pode causar problemas térmicos e ofuscamento. Para prevenir isto, elementos de controle podem ser introduzidos (BAKER; STEEMERS, 1998).

A vista do exterior de uma janela vai depender da posição do usuário em relação à mesma e de sua área mínima.

A Tabela 2 apresenta relações entre profundidade máxima do ambiente e área mínima da janela na parede, essa relação é válida para janelas localizadas em uma única parede (BELL; BURT, 1995, p.18) (TREGENZA E LOE, 1998) (CODE OF PRACTICE FOR DAYLIGHTING BS 8206-2, 1992).

Profundidade máxima da sala - P (em relação à parede com janela)	Área mínima de janela na parede (vista do interior - %)
$P \leq 8\text{m}$	20
$8 < P \leq 11\text{m}$	25
$11 < P \leq 14\text{m}$	30
$P > 14\text{m}$	35

Tabela 2: Área mínima de janela para garantir vista para o exterior (BELL; BURT, 1995, p.18) (CODE OF PRACTICE FOR DAYLIGHTING BS 8206-2, 1992).

N1 - Abertura lateral de até 15%

A vista para o exterior pode ser muito melhor que a do interior; contudo, essa diferença de brilho só será perturbadora se existir um forte contraste* entre os dois (o pior caso: uma pequena abertura no meio de uma parede escura). Ao iluminar a área de parede perto da janela cria-se uma área de transição que diminuirá o contraste da abertura (LAM, 1986, p.13).

Uma das causas do ofuscamento é um alto contraste entre a janela e seu entorno (HOPKINSON et al., 1996, p.330). Isso ocorre porque a janela, com a luz que a atravessa, parece muito brilhante em relação à luz refletida das superfícies que a circundam. Tal efeito será exacerbado se a janela for pequena e localizada no meio de uma parede com pouca espessura e em recintos com baixo nível de iluminação (BROWN; DEKAY, 2004, p.174).

*Contraste é a diferença relativa de luminâncias entre um determinado objeto e seu entorno. Diferença de luminâncias significam contrastes de cores. $C = (L \text{ objeto} - L \text{ fundo}) / L \text{ fundo}$. (VIANNA e GONÇALVES, 2001, p. 74).

N2 - Abertura lateral de 15% a 30%

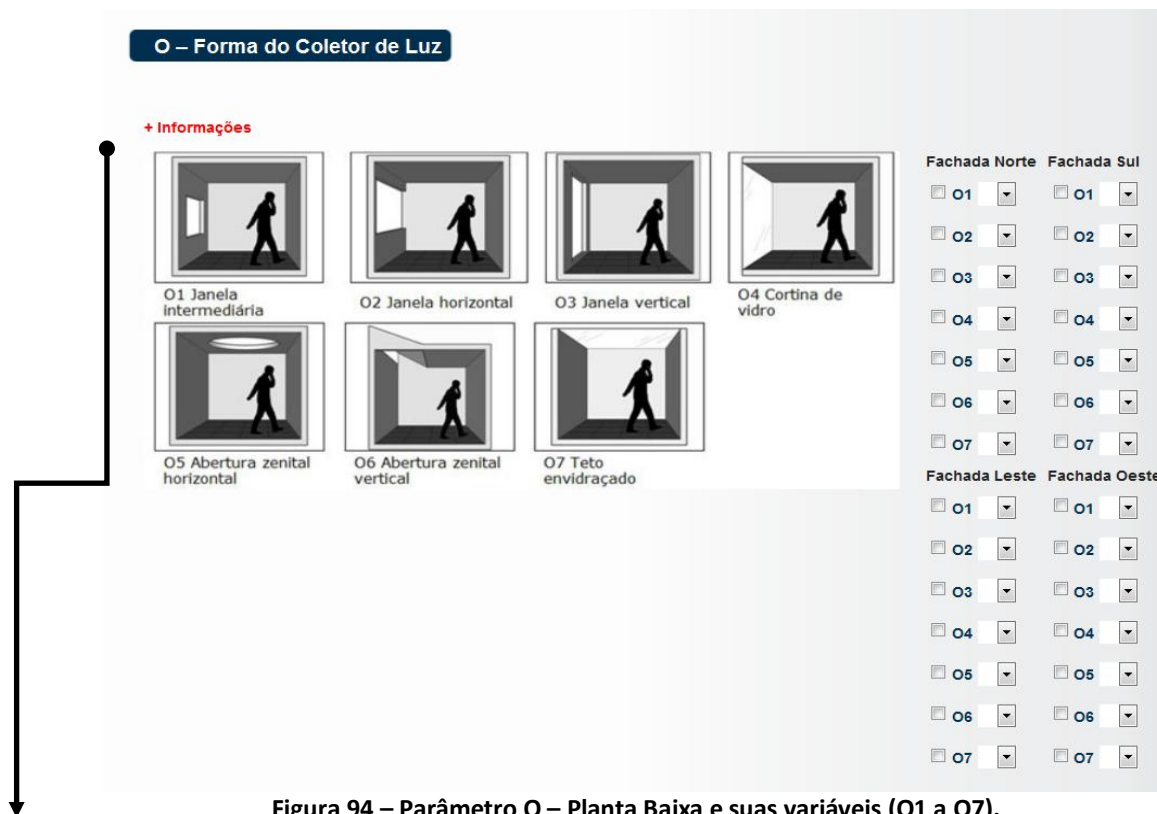
Para a variável N2 "abertura lateral acima de 30%", considerar a orientação da fachada e os ambientes atendidos pelas aberturas. Verificar área mínima de abertura para iluminação segundo o código de obras local.

N3 - Abertura lateral de acima de 30%

Para a variável N3 "abertura lateral de 15% a 30%", considerar a orientação da fachada e os ambientes atendidos pelas aberturas. Verificar área mínima de abertura para iluminação segundo o código de obras local.

Vianna e Gonçalves (2001) afirmam que os peitoris envidraçados abaixo do plano de trabalho (altura de aproximadamente 0,85m) não contribuem para a iluminação local. A luz que penetra por esta parte da abertura está abaixo do plano de trabalho, por essa razão dificilmente incidirá sobre ele, não contribuindo para a iluminação neste ponto. Além disso, Bannister (et al, 1998) afirmam que em geral mais de 50% de abertura é ruim para qualquer clima.

PARÂMETRO O – FORMA DO COLETOR DE LUZ



Quadro 15 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro O.

+ Informações

A forma do coletor de luz irá influenciar na distribuição de luz natural dentro do ambiente, na possibilidade de ofuscamento*, na visão para o exterior e nos ganhos térmicos (AMORIM, 2007). As formas dos coletores de luz diferem muito. Uma primeira aproximação é definir a relação entre altura e comprimento. A forma do coletor de luz influencia principalmente na distribuição da luz do espaço iluminado, qualidade da vista e o potencial para ventilação natural (BAKER; STEEMERS, 1998).

*Ofuscamento é uma variação muito grande da iluminação, quando isso ocorre, há um desconforto ou até perda na visibilidade (LAMBERTS,1998).

O1 - Janela intermediária

A janela é considerada intermediária quando a altura for igual ao comprimento (BAKER; STEEMERS, 1998).

O2 - Janela horizontal

A janela é considerada horizontal quando o comprimento for duas vezes a altura (BAKER; STEEMERS, 1998). Esse tipo de coletor de luz não proporciona uma iluminação uniforme no ambiente, isto é, o nível de iluminância diminui rapidamente com o aumento da profundidade (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

O3 - Janela vertical

A janela é considerada vertical quando a altura for duas vezes o comprimento (BAKER; STEEMERS, 1998). A janela vertical permite uma distribuição de luz perpendicular à parede onde ela se situa, produzindo então uma variação grande de distribuição luminosa durante o dia, e gerando melhor iluminação nas zonas mais afastadas da janela (BAKER; STEEMERS, 1998).

O4 - Cortina de vidro

Cortina de vidro é uma superfície vertical contínua, transparente ou translúcida, sem função estrutural, que separa o interior do exterior de um edifício. Permite a penetração lateral da luz e ganhos solares diretos, além de vista, mas normalmente não permite ventilação (BAKER; STEEMERS, 1998).

Vianna e Gonçalves (2001) afirmam que os peitoris envidraçados abaixo do plano de trabalho (altura de

aproximadamente 0,85m) não contribuem para a iluminação local. A luz que penetra por esta parte da abertura está abaixo do plano de trabalho, por essa razão dificilmente incidirá sobre ele, não contribuindo para a iluminação neste ponto.

Além disso, Bannister (et al, 1998) afirmam que em geral mais de 50% de abertura é ruim para qualquer clima.

O5 - Abertura zenital horizontal

A abertura zenital horizontal se caracteriza por ser uma abertura horizontal na cobertura do edifício. Requer maior manutenção devido à posição mais horizontal da superfície iluminante. Deve-se ter atenção em relação às questões térmicas, pois sua área não deve exceder a 10% da área de piso. Não se pode esquecer que um nível maior de iluminância (lux), caso desse tipo de zenital, também significa maior ganho de calor, e portanto, maiores problemas térmicos, desconforto para o usuário, aumento do uso de ar-condicionado e maior consumo energético (BAKER, 2002) (VIANNA e GONÇALVES, 2001) (GARROCHO, 2009).

Outro fator importante nesse tipo de abertura zenital é a dificuldade de sombreamento, já que os elementos que proporcionam isso também reduzem a iluminância do local (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

O6 - Abertura zenital vertical

Janelas largas situadas na parte superior da parede dão faixa de luz diurna paralela à parede que às compõem, porém bastante alargada, até o fundo do local (MASCARÓ, 1975).

De acordo com Vianna e Gonçalves (2001) as janelas altas proporcionam maior profundidade na distribuição da luz natural, em função da relação entre a altura do piso e a parte superior da janela. As janelas altas melhoram a uniformidade, pois a luz é levada mais para o fundo do ambiente.

O7 - Teto envidraçado

Conforme Baker (1993), teto envidraçado é um espaço envolto lateralmente por um edifício e coberto com materiais que permitem a passagem de luz natural. É projetado para otimizar a luz do sol nos espaços adjacentes a ele. Deve-se ter atenção em relação às questões térmicas, pois sua área não deve exceder a 10% da área de piso. Não se pode esquecer que um nível maior de iluminância (lux), caso desse tipo de zenital, também significa maior ganho de calor, e portanto, maiores problemas térmicos, desconforto para o usuário, aumento do uso de ar-condicionado e maior consumo energético (BAKER, 2002) (VIANNA e GONÇALVES, 2001) (GARROCHO, 2009).

Outro fator importante nesse tipo de abertura zenital é a dificuldade de sombreamento, já que os elementos que proporcionam isso também reduzem a iluminância do local (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

PARÂMETRO P – CONTROLE DE ENTRADA DE LUZ

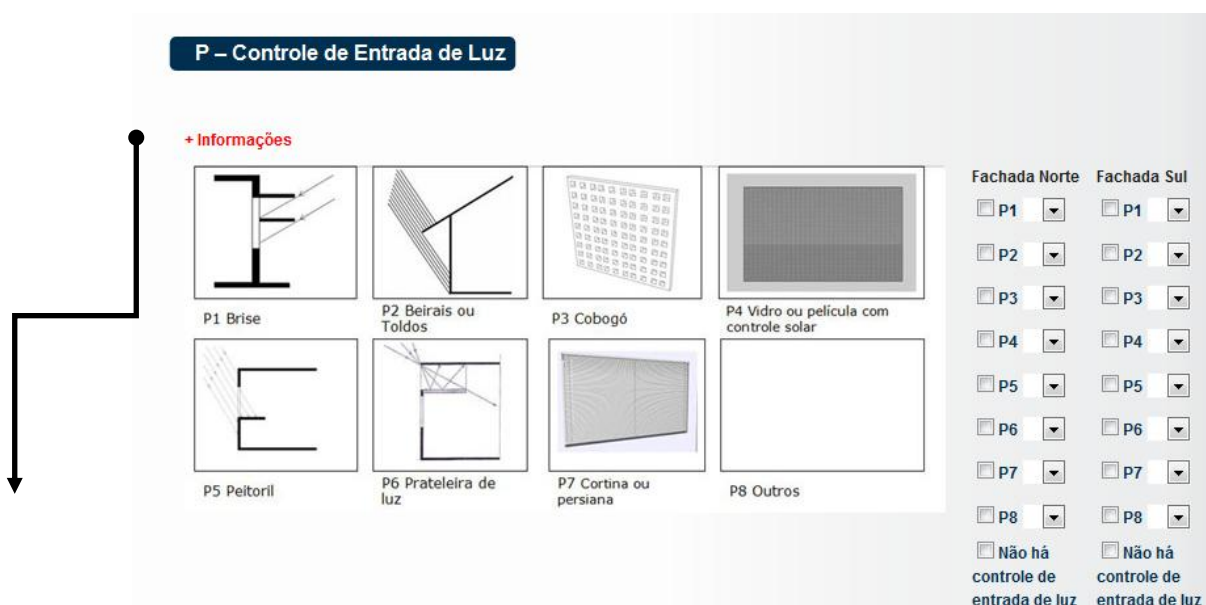


Figura 95 – Parâmetro P – Planta Baixa e suas variáveis (P1 a P8).

Quadro 16 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro P.**+ Informações**

O controle da entrada de luz pode ser realizado por meio de inúmeros aparatos, incluindo o próprio peitoril da janela, as prateleiras de luz, beirais, brises, dutos de iluminação com espelhos, persianas ou cortinas reflexivas, etc. O uso destes elementos irá influenciar na quantidade e qualidade da luz natural, na carga térmica e na ventilação do ambiente. Esta proteção terá maior efeito com relação ao calor se for externa, sendo que os elementos internos como cortinas têm maior efeito de controle da luminosidade (AMORIM, 2007).

P1 - Brise

O brise reduz a profundidade de penetração da luz nos ambientes, no entanto, melhora a uniformidade, diminui o ofuscamento (pois contribui para diminuir os altos valores de iluminância próximos às aberturas). Esse tipo de controle de entrada de luz é eficiente pois reduz a incidência direta da radiação solar e impede o contato dos raios diretos do sol com a superfície transparente da janela (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

P2 - Beirais ou Toldos

Beiral é parte do edifício que se prolonga horizontalmente a partir da fachada. Protege as zonas adjacentes à abertura, obstruindo os ângulos altos de radiação solar direta. Resulta em níveis menores de iluminação interna, parcialmente protegendo as fachadas contra chuva. (BAKER; STEEMERS, 1998). Toldo é um elemento de controle feito em material flexível opaco ou difusor, colocado no exterior de um componente de passagem para obstruir ou difundir a radiação solar direta (BAKER; STEEMERS, 1998). Podem ser considerados como um tipo de brise horizontal, pois apresentam o mesmo conceito que este tipo de elemento - eixo horizontal paralelo à fachada a ser protegida e também ao plano. São mais eficientes nas horas do dia em que o sol está mais alto e menos eficientes nas horas próximas ao nascer e por do sol (BITTENCOURT, 2004). Os beirais ou toldos reduzem a profundidade de penetração da luz nos ambientes, no entanto melhoram a uniformidade, diminuem o ofuscamento (pois contribui para diminuir os altos valores de iluminância próximos às aberturas). Esse tipo de controle de entrada de luz é eficiente pois reduz a incidência direta da radiação solar e impede o contato dos raios diretos do sol com a superfície transparente da janela (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

P3 – Cobogó

O cobogó reduz a profundidade de penetração da luz nos ambientes, no entanto, melhora a uniformidade, diminui o ofuscamento (pois contribui para diminuir os altos valores de iluminância próximos às aberturas). Esse tipo de controle de entrada de luz é eficiente pois reduz a incidência direta da radiação solar e impede o contato dos raios diretos do sol com a superfície transparente da janela (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

P4 - Vidro ou película com controle solar

Vidro ou película com controle solar pode contribuir para amenizar a quantidade de luz direta que entra em um ambiente, no entanto, pode trazer problemas com a redução de cor (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

A Tabela 1 apresenta o percentual de transmissão da radiação solar para alguns tipos de vidros, policarbonatos e películas segundo ASSIS (1997).

Tabela 1 - Tabela com fatores de transmissão solar para vidros, policarbonato e películas de controle solar. (Fonte: ASSIS, 1997).

Transmissão da radiação solar para vidros refletivos Cool Lite e Sun Guardian (metalização à vácuo)		Coeficiente de Transmissão Vidros Suncool Monolítico 6mm			
Amostra de vidros refletivos	Transmissão Relativa ao Intervalo Característico (%)	Código	Cor	Transmissão da Radiação Solar Visível (%)	Fator Solar
	Visível				
Prata*	13	BS 108 PR	Prata	8	21
Bronze*	15	BS 114 PR		14	27
Azul*	29	BS 120 PR		20	32
Azul Intenso	13	BS 108 PR	Prata neuto	8	21
Verde (S.G.)	35	BS 114 PR		14	27
Clear (S.G.)	50	BS 120 PR		20	32
Transmissão da radiação solar para vidros eletrônico		BS 108 AI	Azul Intenso	8	26
Polarizada	33	BS 114 AI		14	31
Despolarizada	57	BS 120 AI		20	34
Transmissão da radiação solar para policarbonatos		BSB 120 AZ	Azul	20	31
Incolor	84	BSB 130 AZ		30	39
Verde	67	BSB 140 AZ		40	47
Bronze	9	BSB 114 OU	Ouro	14	27
Cinza*	28	BS 108 BZ	Bronze	8	22
Azul	69	BS 114 BZ		14	28
		BS 120 BZ		20	34
		BS 115 TE	Terra	15	27
Transmissão da radiação solar para películas de controle solar Courtaulds		Coeficiente de Transmissão Vidros Suncool Monolítico 6mm			
		Código	Cor	Transmissão da Radiação Solar Visível (%)	Fator Solar
Museum	78	Ei	Prata	43	56
G 05 Violeta	23	Ebg	Blue/Green	33	41
G 05 Violeta 1*	23	Ec	Cinza	20	43
Bronze Natural	21	Eb	Bronze	25	43
Verde Natural	27	Ea	Azul	25	40
Prata Refletivo	26				
Bronze Refletivo	10				
Fume Refletivo	9				
Fume Refletivo I*	9				
Verde Refletivo	11				
* Cool Lite - Fabricado pela Santa Maria					
S.G. - Sun Guardian - Fabricado pela Guardian					
Fonte: ASSIS, Rosana Maria Caram de. Caracterização optica de materiais transparentes e sua relação com o conforto ambiental em edificações, UNICAMP, Faculdade de Engenharia Civil, Departamento de Saneamento e Hidráulica, 1997.					

P5 – Peitoril

O peitoril é um elemento colocado horizontalmente na parte inferior de uma janela, que pode refletir e redirecionar a luz natural, aumentando o nível de iluminação do ambiente adjacente. As dimensões são determinadas pelo tamanho da abertura e a espessura da parede. Muitos materiais podem ser usados, como espelhos, alumínio, ou pintura brilhante (BAKER; STEEMERS, 1998).

O peitoril reduz a profundidade de penetração da luz nos ambientes, no entanto, melhora a uniformidade, diminui o ofuscamento (pois contribui para diminuir os altos valores de iluminância próximos às aberturas). Esse tipo de controle de entrada de luz é eficiente pois reduz a incidência direta da radiação solar e impede o contato dos raios diretos do sol com a superfície transparente da janela (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

P6 - Prateleira de luz

Prateleiras de luz são estruturas horizontais adicionadas à parte superior das aberturas laterais e têm como objetivo redirecionar parte da luz direta e difusa incidente para o plano do teto (VIANNA e GONÇALVES, 2001). Este tipo de controle de entrada de luz gera dois tipos de interferências: sombreamento na parte do interior perto da janela e aumento da iluminância nas partes mais profundas do espaço (por causa da reflexão de luz difusa pelo teto).

Segundo Vianna e Gonçalves (2001) as prateleiras de luz são mais eficientes se utilizadas na parte exterior das janelas, porque recebem mais luz pela área da face superior exposta à abóbada celeste. Podem ser feitas em vários materiais, sendo que a superfície superior pode ser revestida com materiais refletores, como alumínio, espelho, etc. Os tamanhos dependem da latitude e dos ângulos solares

(BAKER; STEEMERS, 1998). A prateleira de luz deve ser tão baixa quanto possível, sem interferir na visibilidade na parte inferior da tabela e deve refletir profundamente o máximo de luz possível (BROWN; DEKAY, 2004, p.279).

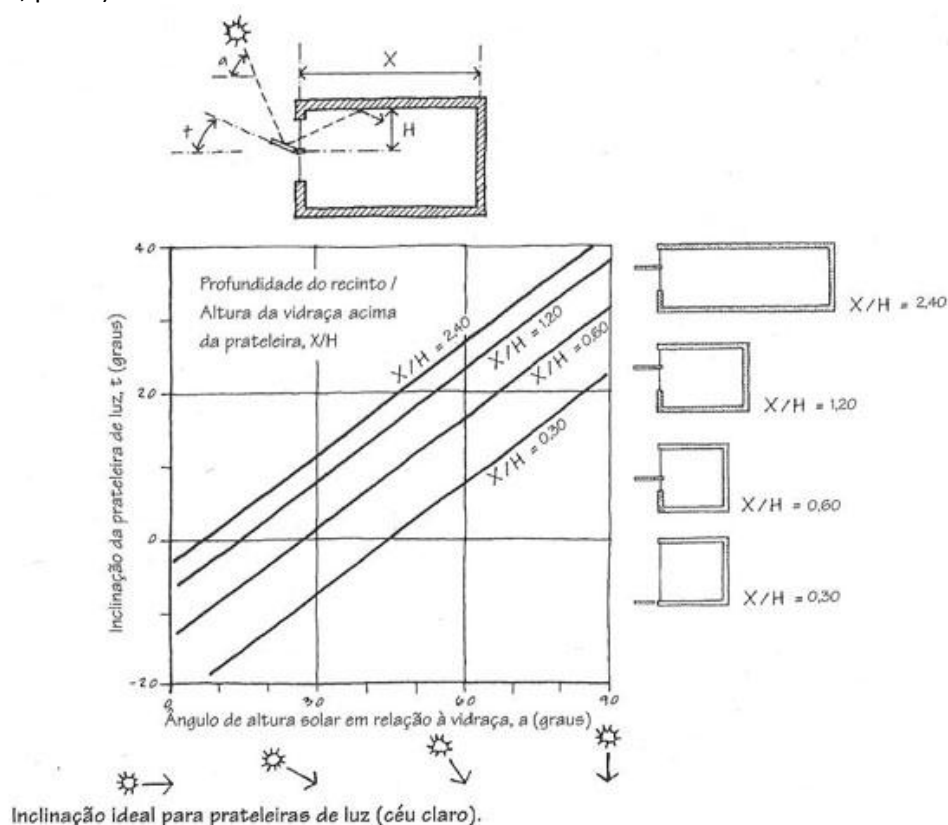


Gráfico 1 – inclinação ideal para prateleira de luz (céu claro) (BROWN; DEKAY, 2004, p.280).

P7 - Cortina ou persiana

Cortina pode ser descrita como um elemento de controle, feito em material flexível opaco ou difusor, colocado dentro de um componente de passagem para proteger a visão e obstruir ou difundir a radiação solar direta (BAKER; STEEMERS, 1998). Persiana é um elemento externo ou interno composto de proteções em lamelas* colocadas sobre a superfície total de uma janela. Permite o controle da radiação solar direta e regula a entrada de luz. As lamelas podem ser móveis ou fixas, feitas em madeira, plástico, alumínio, etc. Protege contra a vista do exterior permitindo a ventilação natural (BAKER; STEEMERS, 1998).

A ausência de cortina ou persiana pode acarretar um forte contraste provocado pelo alto nível de iluminância das áreas próximas às aberturas em relação às áreas mais afastadas destas mesmas aberturas, requerendo iluminação adicional a fim de reduzir esses contrastes à níveis visualmente confortáveis (BITTENCOURT, 2004).

Esse tipo de controle de entrada de luz protege os usuários do ofuscamento, no entanto, não impedem a entrada dos raios solares no ambiente através da superfície de vidro desprotegida. Dessa forma, pode-se dizer que esse tipo de controle de entrada de luz deve ser utilizado em conjunto com outro tipo de controle de entrada de luz externo (brises).

*As lamelas são uma série de faixas externas que podem ser fixas ou ajustáveis, verticais ou horizontais. Normalmente cobrem a abertura totalmente, mas podem cobrir uma superfície maior, incluindo as paredes que circundam a abertura. Dependendo da orientação das faixas, a radiação solar direta que cai pode ser obstruída e/ou refletida e/ou redirecionada para a zona interna. Podem ser em aço galvanizado, alumínio anodizado, PVC, madeira, etc (BAKER; STEEMERS, 1998).

PARÂMETRO Q – TIPO DE ENVIDRAÇADO

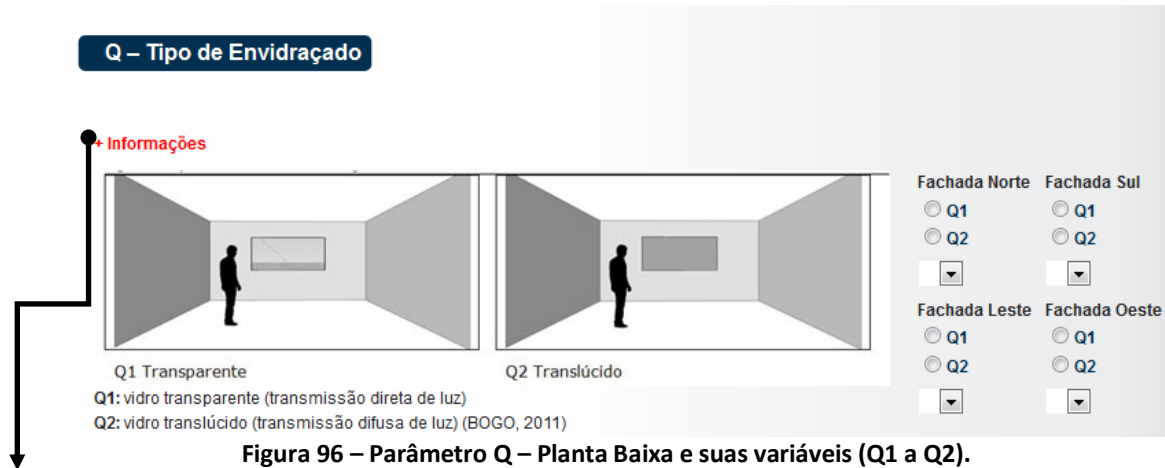


Figura 96 – Parâmetro Q – Planta Baixa e suas variáveis (Q1 a Q2).

Quadro 17 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro Q.

+ Informações

A admissão da luz pode ter interferência ou não, a depender do tipo de envidraçado utilizado em uma edificação. O envidraçado transparente proporciona a transmissão direta da luz e de maneira concentrada, ocasionando os seguintes problemas quando não controlada:

- Grande admissão de calor nos períodos quentes, com desconforto térmico interior;
- Ofuscamento;

Já os envidraçados translúcidos proporcionam a transmissão difusa com luz distribuída, minimizando os problemas antes citados” (BOGO, 2011) (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

PARÂMETRO R, S e T – REFLETÂNCIA DO TETO, PAREDES E PISO

R - Refletância do teto

+ Informações

R1 Alta (50% a 100% de refletância)

R2 Média (30% a 50% de refletância)

R3 Baixa (0% a 30% de refletância)

Ambiente de permanência prolongada, ter refletância do teto acima de 60% (RTQ-R)

R1

R2

R3

S - Refletância das paredes

+ Informações

S1 Alta (50% a 100% de refletância)

S2 Média (30% a 50% de refletância)

S3 Baixa (0% a 30% de refletância)

S1

S2

S3

T - Refletância do piso

+ Informações

T1 Alta (50% a 100% de refletância)

T2 Média (30% a 50% de refletância)

T3 Baixa (0% a 30% de refletância)

T1

T2

T3

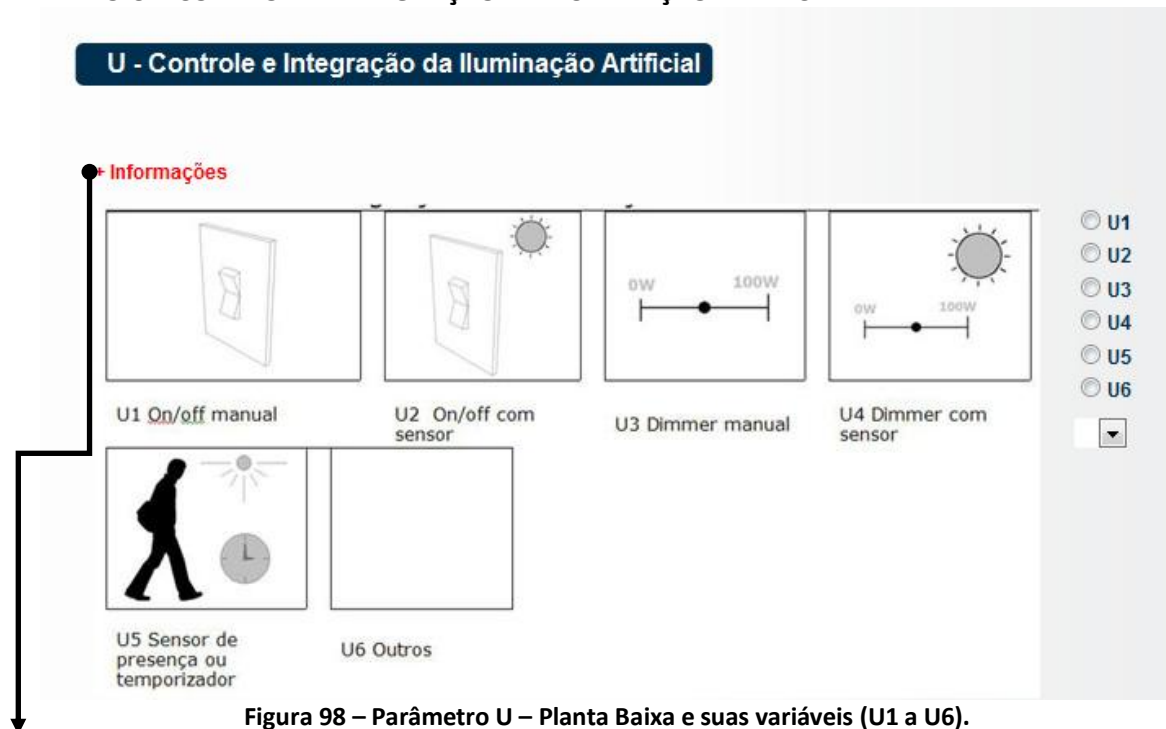
Figura 97 – Parâmetro R, S e T – Planta Baixa e suas variáveis.

Quadro 18 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro R, S e T.

+ Informações

Segundo Vianna e Gonçalves (2001), as refletâncias que mais interferem na iluminação do ambiente em ordem crescente são: teto, parede e piso. A refletância do teto é a que tem maior peso, pois é a que reflete mais para o plano de trabalho (coeficiente de 70% de refletância), depois a das paredes (coeficiente de 50% de refletância) e por último, a que interfere menos, a refletância do piso (coeficiente de 10 ou 20% de refletância). Esses autores sugerem ainda, que ambientes que possuem caráter laborativo, produtivo e atividades com certa acuidade visual que se defina as seguintes cores para teto (cores claras, de preferência o branco), paredes (claras) e piso (qualquer cor pois interfere pouco na em termos de luz refletida no plano de trabalho).

PARÂMETRO U – CONTROLE E INTEGRAÇÃO DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL



Quadro 19 – Informações referentes às variáveis do Parâmetro U.

+ Informações

O controle e integração da iluminação artificial têm interferência direta com a eficiência energética do edifício. O bom uso dos controles e da integração da luz artificial poderá proporcionar maior conforto luminoso, redução de contrastes e ofuscamentos e economia energética (AMORIM, 2007).

De acordo com Lamberts (1998) a função de um sistema de controle de luz é fornecer a quantidade adequada de luz onde e quando ela é necessária, enquanto minimiza o consumo de energia elétrica. Assim, fica claro que além de definir as questões relativas a iluminação natural o arquiteto terá que definir como ela irá ser integrada à iluminação artificial, e definir também os sistemas de controle e integração destes dois tipos de iluminação que se complementam.

Lamberts (1998) afirma ainda que na arquitetura residencial e, principalmente, na comercial, o uso de sistemas de controle da iluminação artificial e a adequada especificação do tipo de lâmpada e de luminárias são premissas básicas ao bom projeto luminotécnico e, em conseqüência, ao conforto visual das pessoas e à eficiência energética do edifício.

No caso de edifícios comerciais e públicos, há uma necessidade clara de se integrar as questões de sistemas naturais e artificiais (de condicionamento e de iluminação), pois os sistemas artificiais pode ser imprescindível para a boa produtividade. Nesse sentido, utilizar a iluminação natural como estratégia para auxiliar na redução do consumo por iluminação artificial é fundamental. Para isso, o arquiteto precisa trabalhar a iluminação artificial e natural de maneira integrada (LAMBERTS, 1998).

U1 - On/off manual

No sistema on/off manual o usuário acende e apaga a luz manualmente.

U2 - On/off com sensor

Neste sistema o acendimento e desligamento do sistema de iluminação artificial é controlado por um sensor.

U3 - Dimmer manual

Com o dimmer manual o usuário pode controlar a intensidade (de zero a 100%) de uma fonte de luz. (LAMBERTS, 1998).

U4 - Dimmer com sensor

O dimmer com sensor tem como função controlar a intensidade de luz da artificial para que o nível de iluminância de um superfície se mantenha sempre a mesma.

U5 - Sensor de presença ou temporizador

O sensor de presença responde à presença e à ausência de pessoas no campo de ação do sensor (LAMBERTS, 1998). O temporizador é acionado e se preestabelece um tempo para o seu uso, depois disso, as luzes são apagadas automaticamente (LAMBERTS, 1998).

No final da análise, foi criado um espaço para que o usuário do método possa registrar sua análise crítica relativa ao método (Figura 26).

Deixe a sua análise crítica

Análise realizada por:

Análise crítica:

O método permitiu identificar pontos positivos no projeto analisado? Quais?

O método permitiu identificar pontos negativos no projeto? Quais?

Na sua opinião, o método permite contribuições ao processo de elaboração do projeto? Por quê?

Descreva o que achou do tempo de análise necessário para aplicar o método em um projeto?

EMAIL PARA CONTATO, DÚVIDAS E SUGESTÕES.
Email: diagramamorfologico@gmail.com
Contato: Débora Félix

[Pág. Inicial](#) [Gerar Relatório](#)

Figura 99 – Campos destinados à análise crítica.

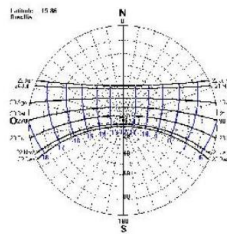
O preenchimento destes campos não é obrigatório. No fim da página há um link denominado “Gerar Relatório” onde o usuário do método irá clicar para que o relatório referente à sua análise possa ser gerado. Um exemplo do relatório pode ser observado nas Figuras 100, 101 e 102.

Diagrama Morfológico

Informações da Edificação



Localção do Edifício
Fonte: Google Maps



Carta Solar
Fonte: Programa SOL-AR



Imagem do Edifício

Ficha Técnica		Clima	
Nome do Projeto:	CASA DO PROFESSOR	Tipo de Clima:	Tropical de altitude
Tipologia:	Edifício não Residencial	Latitude:	-15,78000
Cidade:	Brasília	Longitude:	-47,93000
Estado:	Distrito Federal	Altitude:	1171
País:	Brasil	Temperatura média anual:	21,2
Endereço:	Universidade de Brasília - DF	Média mensal (máxima):	26,6
Nome do Arquiteto:	Raimundo Nonato Veloso Filho	Média mensal (mínima):	16,1
Ano de elaboração do projeto:		Horas de insolação anual:	2364,8
Ano do término da construção:	2005	Zona Bioclimática:	4

Recomendações para a Zona Bioclimática		
Propriedades	Paredes	Coberturas
U [W/m².K]	< 2,2	< 2,0
Albedo [horas]	> 6,5	< 3,3
Fator Solar [%]	< 3,5	< 6,5
Área de aberturas (% do piso) 15 a 25		
Inverno	Aquecimento solar da edificação	<input checked="" type="checkbox"/>
	Paredes internas pesadas	<input checked="" type="checkbox"/>
	Aquecimento artificial necessário	<input type="checkbox"/>
	Permitir a insolação dos ambientes	<input type="checkbox"/>
Verão	Resfriamento evaporativo	<input checked="" type="checkbox"/>
	Inércia térmica para resfriamento	<input checked="" type="checkbox"/>
	Ventilação cruzada	<input type="checkbox"/>
	Ventilação seletiva (alguns horários)	<input checked="" type="checkbox"/>
	Ventilação cruzada permanente	<input type="checkbox"/>
	Resfriamento artificial necessário	<input type="checkbox"/>
Sombrar aberturas (proteção solar)	<input type="checkbox"/>	

Zona Bioclimática
Fonte: Programa ZBBR



Planta do Edifício com as Cartas Solares de Cada Fachada



Fotos das Fachadas da Casa do Professor
Fonte: INVECOB, 2010

Imagem do Edifício

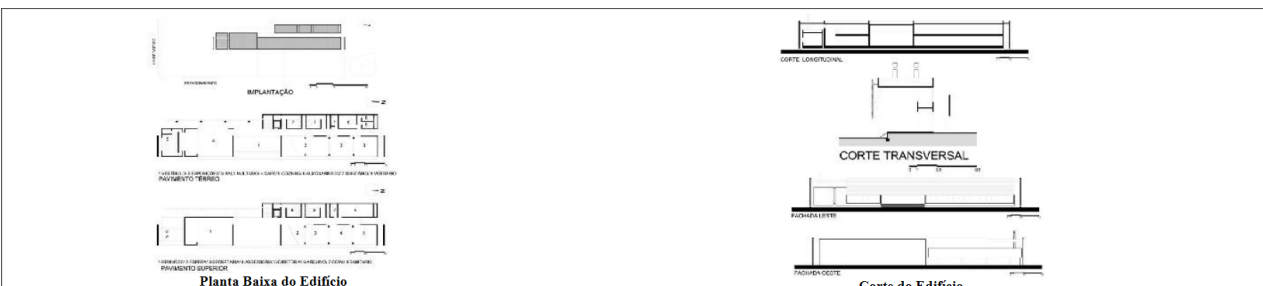


Figura 100 – Relatório Edifício 1 - Diagrama Morfológico Parte I (Fonte: www.deborafelix.com.br).


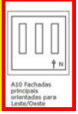


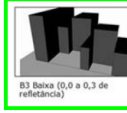

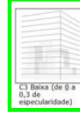
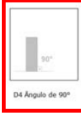
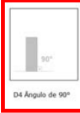

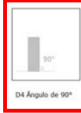




















Nível	Parâmetros	Variáveis do Parâmetros A	Variáveis do Parâmetros B, C, D			
			Fachada			
I Espaço Urbano	A Desenho urbano	 	Norte	Sul	Leste	Oeste
	B Refletância das fachadas					
	C Especularidade das fachadas					
	D Ângulo máximo de incidência do sol na base do edifício					
Nível	Parâmetros	Variáveis do Parâmetros E, I e K	Variáveis do Parâmetros F, G, H e J			
II Edifício	E Planta baixa	  	Norte	Sul	Leste	Oeste
	F Refletância das fachadas do edifício analisado					
	G Especularidade das fachadas do edifício analisado					
	H Taxa de aberturas para o exterior					
	I Distribuição das aberturas nas fachadas					
	J Proteções solares nas fachadas					
	Tipo de Brise				Horizontal	Horizontal
Ângulo do Brise				14	14	
K Aberturas zenitais						

Figura 101 – Relatório Edifício 1 - Diagrama Morfológico Parte 2 (Fonte: www.deborafelix.com.br).

Uso do ambiente: Café						
Nível	Parâmetros	Variáveis do Parâmetros L, Q, R, S, T e U	Variáveis do Parâmetros M, N, O, P e Q			
			Fachada			
III Ambiente	L Planta Baixa		Norte	Sul	Leste	Oeste
	M Posição do coletor de luz					
	N Dimensão do coletor de luz					
	O Forma do coletor de luz					
	P Controle da entrada de luz					
	Q Tipo de envidraçado					
	R Refletância do teto					
	S Refletância das paredes					
	T Refletância do piso					
	U Controle e integração da iluminação artificial					



seu_nome:Isabel Bezerra da Cunha

Análise crítica:

O Edifício avaliado, foi bem projetado analisando os aspectos climáticos e conforto! A utilização do concreto vinculado a fachadas de vidro protegidas com brise, permitiu uma boa manutenção climática do edifício. A Refletância do prédio em relação ao entorno é alta, porém, por ser uma construção isolada, não chega a interferir o meio.

O método permitiu identificar pontos positivos no projeto analisado? Quais?

Sim, o método permite analisar o conjunto do edifício e suas peculiaridades com o meio, exemplo : especularidades, ventilação e boa iluminação natural.

O método permitiu identificar pontos negativos no projeto? Quais?

Sim, um ponto negativo seria a refletância devido ao material empregado.

Na sua opinião, o método permite contribuições ao processo de elaboração do projeto? Por quê?

O método contribui para o processo de elaboração, porque ele é prático e organizado, e ajuda na concepção e avaliação do prédio, trazendo os principais problemas e possíveis melhorias.

Descreva o que achou do tempo de análise necessário para aplicar o método em um projeto?

O Método por ser muito abrangente, ele é longo.

Figura 102 – Relatório Edifício 1 - Diagrama Morfológico Parte 3 (Fonte: www.deborafelix.com.br).

Dessa forma, o resumo do método Diagrama Morfológico aprimorado pode ser observado no Fluxograma 1. O Fluxograma 1 apresenta os três níveis e os 21 parâmetros (A a U) que integram o Diagrama Morfológico.



Fluxograma 1 – Fluxograma do Diagrama Morfológico Implementado em Programa Computacional.

Conforme pode ser observado no Fluxograma 2 e na Figura 103, o Nível I – Espaço Urbano possui quatro parâmetros:

- A – Desenho Urbano;
- B – Refletância das Fachadas Externas à Edificação;
- C – Especularidade das Fachadas Externas à Edificação e;
- D – Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício.

As variáveis que integram estes parâmetros podem ser observadas no Fluxograma 1 e Figura 103.

Além disso, alguns detalhes importantes devem ser esclarecidos:

a) A análise do “Parâmetro A” está dividida em duas partes: 1ª parte: variáveis A1 a A7 (são variáveis relativas ao **desenho urbano** da quadra onde está inserido o edifício analisado) e 2ª parte: variáveis A8 a A11 (são relativas à **orientação da fachada em relação ao sol**).

b) As análises dos “Parâmetros B, C e D” devem ser realizadas para as quatro fachadas do edifício analisado (Norte, Sul, Leste e Oeste).

NÍVEL I – ESPAÇO URBANO

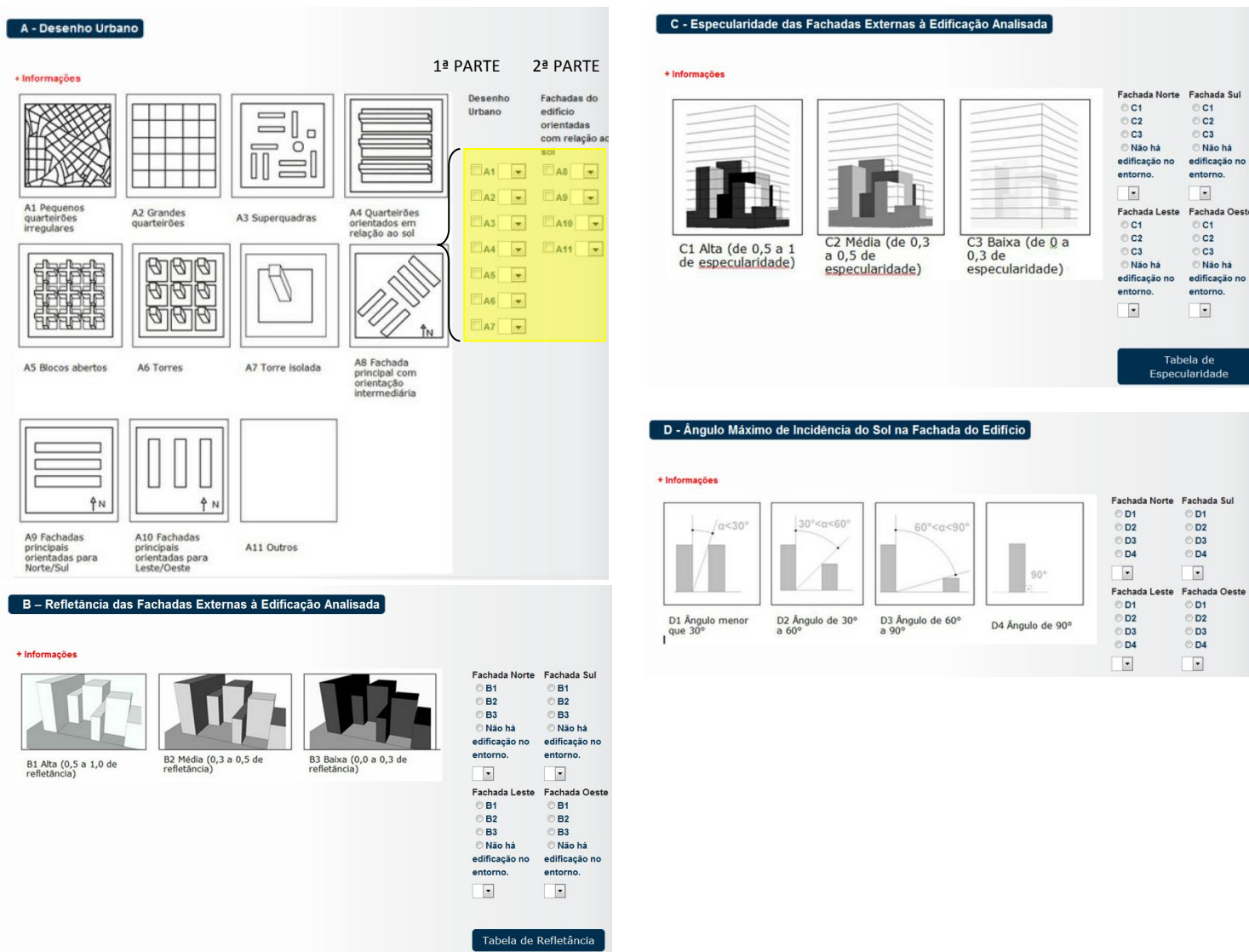
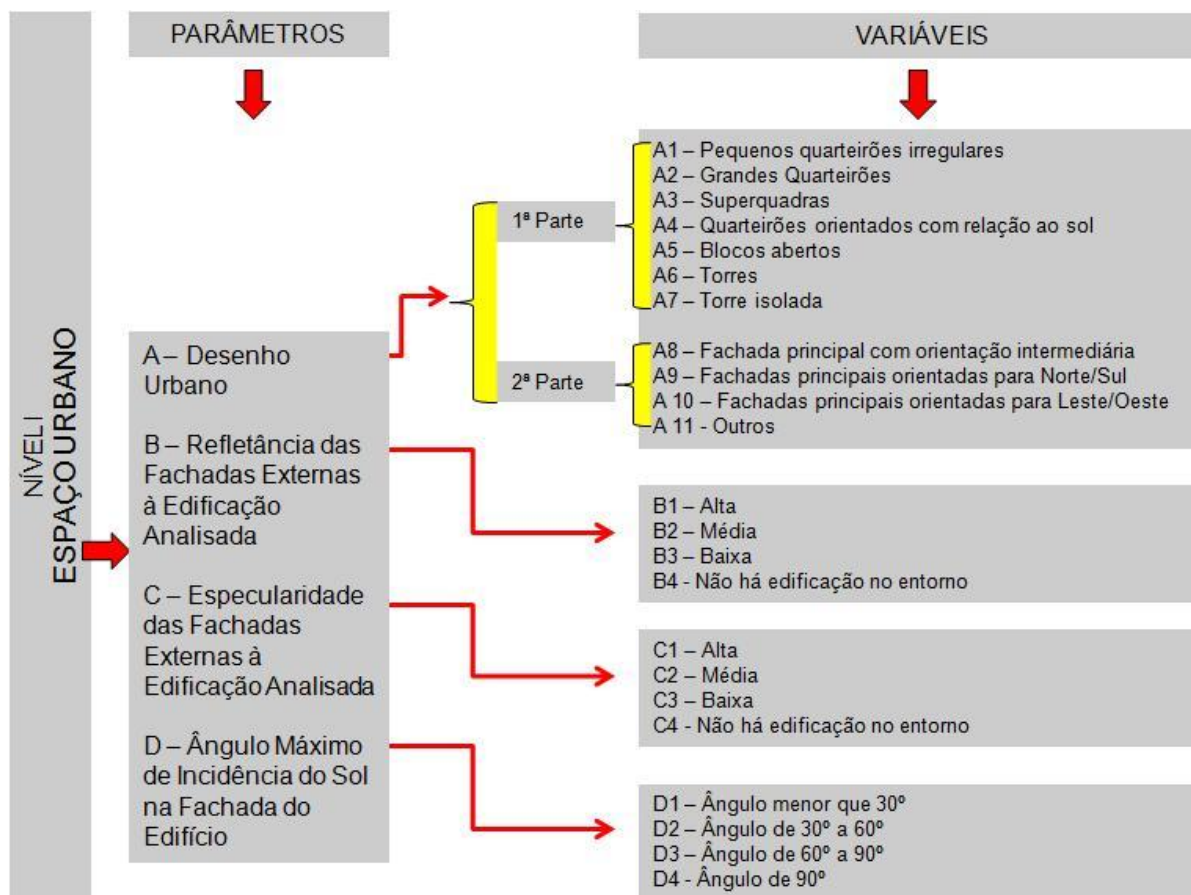


Figura 62 – Nível I – Espaço Urbano do Diagrama Morfológico (Fonte: www.deborafelix.com.br).



Fluxograma 2 – Parâmetros e variáveis do Nível I – Espaço Urbano do Diagrama Morfológico.

O Nível II – Edifício possui sete parâmetros conforme pode ser observado no Fluxograma 3 e na Figura 104. Os parâmetros que integram este nível são:

- E – Planta Baixa e Forma;
- F – Refletância das Fachadas do Edifício Analisado;
- G – Especularidade das Fachadas do Edifício Analisado;
- H – Taxa de Abertura nas Fachadas;
- I – Distribuição das Aberturas nas Fachadas;
- J – Proteções Solares nas Fachadas e;
- K – Aberturas Zenitais;

Além disso, alguns detalhes podem ser observados:

- a) As análises dos “Parâmetros F, G e H” devem ser realizadas para as quatro fachadas do edifício analisado (Norte, Sul, Leste e Oeste).

O Nível III – Ambiente possui dez parâmetros conforme pode ser observado no Fluxograma 4 e Figura 105. Os parâmetros que integram este nível são:

- L – Planta Baixa;
- M- Posição do Coletor de Luz;
- N- Dimensão do Coletor de Luz;
- O – Forma do Coletor de Luz;
- P – Controle de Entrada de Luz;
- Q – Tipo de Envidraçado;
- R – Refletância do Teto;
- S- Refletância das Paredes;
- T – Refletância do Piso e;
- U – Controle e Integração da Iluminação Artificial.

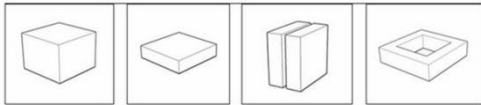
Além disso, alguns detalhes importantes podem ser observados:

- a) As análises dos “Parâmetros M, N, O, P e Q” devem ser realizadas apenas para a fachada que tem abertura referente ao ambiente analisado.

NÍVEL II – EDIFÍCIO

E – Planta Baixa e Forma

+ Informações



E1 Edifícios com planta profunda
E2 Edifício térreo
E3 Blocos unilaterais/bilaterais
E4 Edifício com Pátio Interno ou Átrio
E5 Edifício com pele dupla
E6 Outros

E1
 E2
 E3
 E4
 E5
 E6

F – Refletância das Fachadas do Edifício Analisado

+ Informações



F1 Alta (0,5 a 1,0 de refletância)
F2 Média (0,3 a 0,5 de refletância)
F3 Baixa (0,0 a 0,3 de refletância)

Fachada Norte
 F1
 F2
 F3
Fachada Sul
 F1
 F2
 F3
Fachada Leste
 F1
 F2
 F3
Fachada Oeste
 F1
 F2
 F3

Tabela de Refletância

G – Especularidade das Fachadas do Edifício Analisado

+ Informações



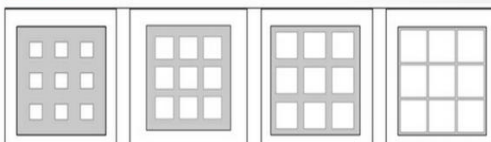
G1 Alta (de 0,5 a 1 de especularidade)
G2 Média (de 0,3 a 0,5 de especularidade)
G3 Baixa (de 0 a 0,3 de especularidade)

Fachada Norte
 G1
 G2
 G3
Fachada Sul
 G1
 G2
 G3
Fachada Leste
 G1
 G2
 G3
Fachada Oeste
 G1
 G2
 G3

Tabela de Especularidade

H – Taxa de Aberturas nas Fachadas

+ Informações



H1 Até 25% de aberturas
H2 Entre 25% e 50% de aberturas
H3 Entre 50% e 75% de aberturas
H4 Mais de 75% de aberturas

Fachada Norte
 H1
 H2
 H3
 H4
Fachada Sul
 H1
 H2
 H3
 H4
Fachada Leste
 H1
 H2
 H3
 H4
Fachada Oeste
 H1
 H2
 H3
 H4

I – Distribuição das Aberturas nas Fachadas

+ Informações



I1 Fachadas uniformes
I2 Fachadas não uniformes - com relação à orientação solar
I3 Fachadas não uniformes - com relação ao espaço urbano

I1
 I2
 I3

J – Proteções Solares nas Fachadas

+ Informações



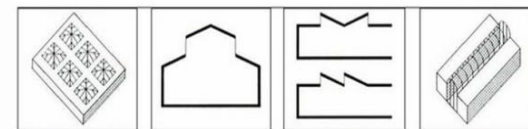
J1 Pórticos e varandas
J2 Brise
J3 Cobogós
J4 Beirais e Marquises
J5 Pergolados
J6 Vegetação na fachada
J7 Chapa Perfurada
J8 Outros

Fachada Norte
 J1
 J2
 J3
 J4
 J5
 J6
 J7
 J8
Fachada Sul
 J1
 J2
 J3
 J4
 J5

Tabela com os ângulos de proteção recomendados para Brasília

K – Aberturas Zenitais

+ Informações



K1 Clarabóia
K2 Lanterna
K3 Shed ou dente de serra
K4 Cobertura translúcida
K5 Poço de Luz
K6 Outros

K1
 K2
 K3
 K4
 K5
 K6

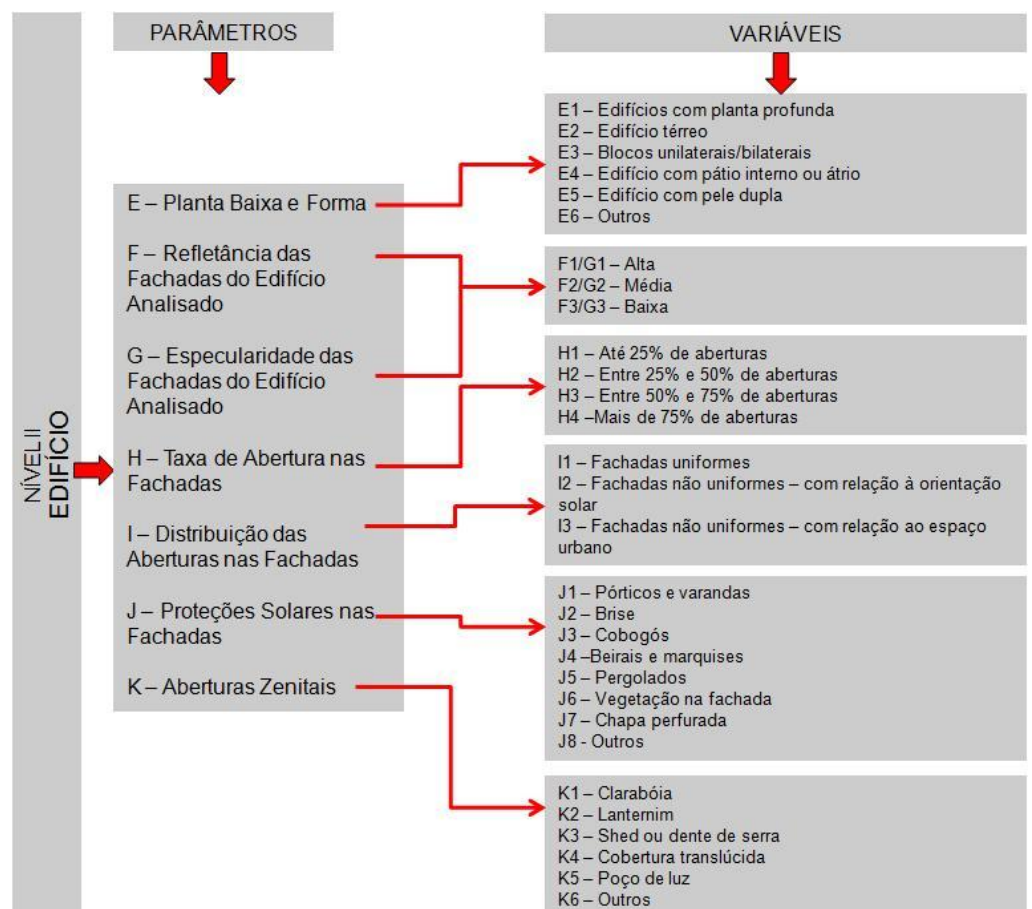


Figura 63 – Nível II – Edifício do Diagrama Morfológico (Fonte: www.deborafelix.com.br).

Fluxograma 3 – Parâmetros e variáveis do Nível II – Edifício do Diagrama Morfológico.

NÍVEL III – AMBIENTE

L - Planta Baixa

+ Informações

L1 Unilateral L2 Bilateral L3 Ambiente profundo L4 Outros

M - Posição do Coletor de Luz

+ Informações

Fachada Norte: M1, M2, M3, M4, M5, M6
 Fachada Sul: M1, M2, M3, M4, M5, M6
 Fachada Leste: M1, M2, M3, M4, M5, M6
 Fachada Oeste: M1, M2, M3, M4, M5, M6

M1 Centro do plano lateral M2 Centro do plano zenital M3 Entre planos M4 Ao longo do canto entre planos M5 Parede Aberta M6 Outros

N - Dimensão do Coletor de Luz

+ Informações

Fachada Norte: N1, N2, N3, N4, N5, N6
 Fachada Sul: N1, N2, N3, N4, N5, N6
 Fachada Leste: N1, N2, N3, N4, N5, N6
 Fachada Oeste: N1, N2, N3, N4, N5, N6

N1 Abertura lateral de até 15% N2 Abertura lateral de 15% a 30% N3 Abertura lateral de acima de 30% N4 Abertura zenital de até 15% N5 abertura zenital de 15% a 30% N6 abertura zenital de acima de 30%

O - Forma do Coletor de Luz

+ Informações

Fachada Norte: O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7
 Fachada Sul: O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7
 Fachada Leste: O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7
 Fachada Oeste: O1, O2, O3, O4, O5, O6, O7

O1 Janela intermediária O2 Janela horizontal O3 Janela vertical O4 Cortina de vidro O5 Abertura zenital horizontal O6 Abertura zenital vertical O7 Teto envidraçado

P - Controle de Entrada de Luz

+ Informações

Fachada Norte: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8
 Fachada Sul: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8
 Fachada Leste: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8
 Fachada Oeste: P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8

P1 Brise P2 Beirais ou Toldos P3 Cobogó P4 Vidro ou película com controle solar P5 Peitoril P6 Prateleira de luz P7 Cortina ou persiana P8 Outros

Q - Tipo de Envidraçado

+ Informações

Q1 Transparente Q2 Translúcido

Q1: vidro transparente (transmissão direta de luz)
 Q2: vidro translúcido (transmissão difusa de luz) (BOGO, 2011)

R - Refletância do teto

+ Informações

R1 Alta (50% a 100% de refletância) R2 Média (30% a 50% de refletância) R3 Baixa (0% a 30% de refletância)

Ambiente de permanência prolongada, ter refletância do teto acima de 60% (RTQ-R)

S - Refletância das paredes

+ Informações

S1 Alta (50% a 100% de refletância) S2 Média (30% a 50% de refletância) S3 Baixa (0% a 30% de refletância)

T - Refletância do piso

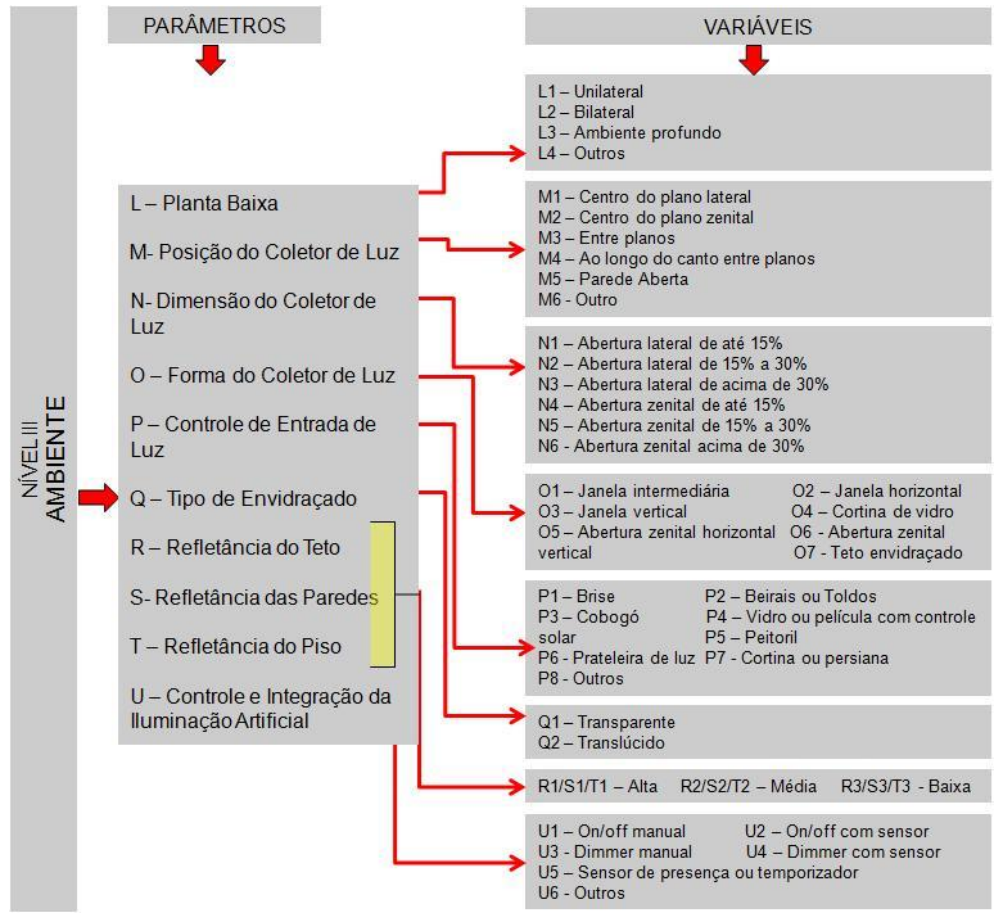
+ Informações

T1 Alta (50% a 100% de refletância) T2 Média (30% a 50% de refletância) T3 Baixa (0% a 30% de refletância)

U - Controle e Integração da Iluminação Artificial

+ Informações

U1 On/off manual U2 On/off com sensor U3 Dimmer manual U4 Dimmer com sensor U5 Sensor de presença ou temporizador U6 Outros



Fluxograma 4 – Parâmetros e variáveis do nível III – Ambiente do Diagrama Morfológico.

Figura 64 – Nível III – Ambiente do Diagrama Morfológico (Fonte: www.deborafelix.com.br).

Após apresentar como ficou estruturado o Método Diagrama Morfológico são apresentados os resultados das análises feitas com o referido método.

4.3 Resultados das Análises com Diagrama Morfológico em Programa Computacional

Para validar o Diagrama Morfológico, o programa contendo o método foi apresentado em sala de aula para os alunos da disciplina de Projeto Arquitetônico 5 do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UnB, onde foram explicados seus objetivos, como os projetos deveriam ser analisados e o passo a passo para realizar as análises.

No total, 70 alunos realizaram análises. No entanto, desse total, somente 50 alunos realizaram as análises dos dois edifícios. Por esse motivo, foram consideradas as análises destes 50 alunos para a validação dos resultados e descartadas as demais.

Os resultados das análises com o Diagrama Morfológico foram divididos em três níveis: Nível I – Espaço Urbano, Nível II – Edifício e Nível III – Ambiente. Serão apresentados aqui os resultados das demarcações de cada variável dos parâmetros pertencentes a cada um dos três níveis dos dois edifícios analisados – Edifício 1 e 2.

Além disso, todos os resultados serão apresentados da seguinte forma:

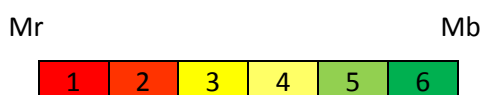
1º será apresentado cada parâmetro e suas respectivas variáveis.

2º serão apresentados os resultados das análises separadamente por edifício e por nível, isto é, primeiro serão apresentados os resultados dos Níveis I, II e III do EDIFÍCIO 1 e depois o Nível I, II e III do EDIFÍCIO 2.

3º serão apresentados os resultados na seguinte ordem: número de demarcações de cada variável de cada parâmetro (só serão apresentadas as variáveis que foram mais demarcadas), percentual de demarcações em relação ao número total e nota média dada de acordo com as avaliações dos alunos.

Exemplo: A1 – Pequenos Quarteirões (com 8 demarcações, 9,64% do total e Nota média: 1,33);

É importante esclarecer que a nota média está relacionada com o seguinte aspecto: a avaliação de cada variável foi realizada conforme uma escala numérica e de cor que varia de 1 a 6, onde 1 = muito ruim (cor vermelha), 2 = ruim (cor laranja), 3 = razoável – (cor amarelo escuro), 4 = razoável + (cor amarelo claro), 5 = bom (cor verde claro) e o 6 = muito bom (cor verde escuro).



Dessa maneira, quando a nota média de uma determinada variável for muito ruim ela estará próxima ao número 1 e se estiver muito boa estará próxima ao número 6.

4.3.1 Resultados das análises do Nível I – Espaço Urbano: EDIFÍCIO 1

• PARÂMETRO A – DESENHO URBANO

De acordo com a Figura 106, a análise do parâmetro A – Desenho Urbano está dividida em duas partes: 1ª PARTE: variáveis A1 a A7 (são variáveis relativas ao **desenho urbano** da quadra onde está inserido o edifício analisado) e 2ª PARTE: variáveis A8 a A11 (são relativas à **orientação da fachada em relação ao sol**).

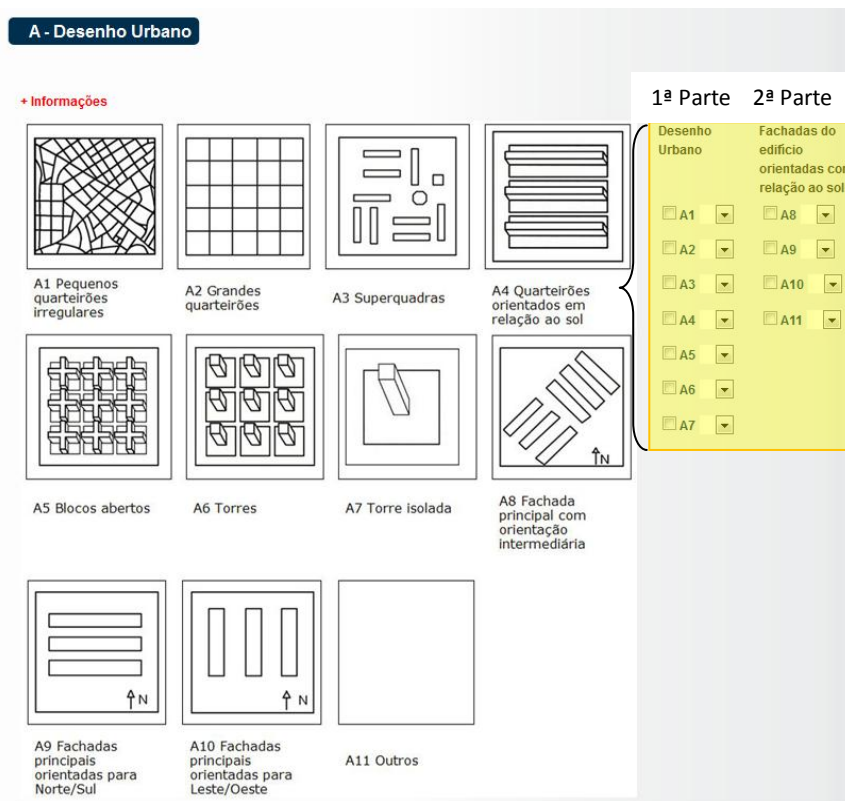


Figura 106 – Parâmetro A – Desenho Urbano e suas variáveis (A1 a A11).

Do total de 50 alunos, 43 (86% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 3, das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos ao Desenho Urbano do EDIFÍCIO 1, as variáveis mais demarcadas foram:

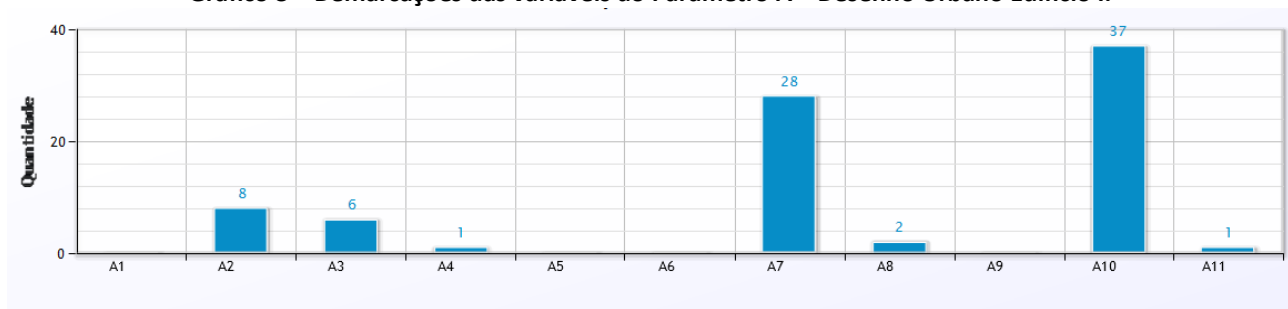
A2 – Grandes Quarteirões (com 8 demarcações, 9,64% do total e Nota média: 1,33);

A3 – Superquadra (com 6 demarcações, 7,23% do total e Nota média: 0,67);

A7 – Torre Isolada (com 28 demarcações, 33,73% do total e Nota média: 4,67) e;

A10 – Fachadas Principais orientadas para Leste/Oeste (com 37 demarcações, 44,58% do total e Nota média: 6,17).

Gráfico 3 – Demarcações das variáveis do Parâmetro A – Desenho Urbano Edifício I.



• **PARÂMETRO B – REFLETÂNCIA DAS FACHADAS EXTERNAS À EDIFICAÇÃO E PARÂMETRO C – ESPECULARIDADE DAS FACHADAS EXTERNAS À EDIFICAÇÃO**

De acordo com a Figura 107, a análise destes dois parâmetros apresentam as seguintes opções de demarcações (parâmetro B: B1 – Alta, B2 – Média, B3 – Baixa e parâmetro C: C1 – Alta, C2 – Média, C3 – Baixa e além destas, tem a opção “Não há edificação no entorno”, que apenas nos resultados aparecerá como B4). Outra informação importante é que nesses parâmetros as análises devem ser realizadas com o intuito de averiguar a refletância das fachadas externas à edificação das quatro fachadas do edifício analisado (Norte, Sul, Leste e Oeste).



Figura 107 – Parâmetro B – Refletância das Fachadas Externas à Edificação e Parâmetro C – Especularidade das Fachadas Externas à Edificação.

Do total de 50 alunos, 45 (90% do total) realizaram a análise destes parâmetros. Conforme demonstram os Gráficos 4 e 5, das 50 análises realizadas a variável mais demarcada do Parâmetro B foi a **B4 – “Não há edificação no entorno”** para todas as fachadas (**Fachada Norte:** 38 demarcações, 84,44% do total e Nota média: 4,5. **Fachada Sul:** 37 demarcações, 82,22% do total e Nota média: 4,33. **Fachada Leste:** 35 demarcações, 77,78% do total e Nota média: 3,83. **Fachada Oeste:** 39 demarcações, 86,67% do total e Nota média: 4,33). Com relação ao Parâmetro C a variável mais demarcada foi a **C4 – “Não há edificação no entorno”** para todas as fachadas (**Fachada Norte:** 37 demarcações, 82,22% do total e Nota média: 4,17. **Fachada Sul:** 36 demarcações, 80% do total e Nota média: 4. **Fachada Leste:** 33 demarcações, 73,91% do total e Nota média: 3,67. **Fachada Oeste:** 38 demarcações, 86,36% do total e Nota média: 4,33).

Gráfico 4 – Demarcações das variáveis do Parâmetro B – Refletância das Fachadas Externas à Edificação e suas variáveis (B1 a B4).

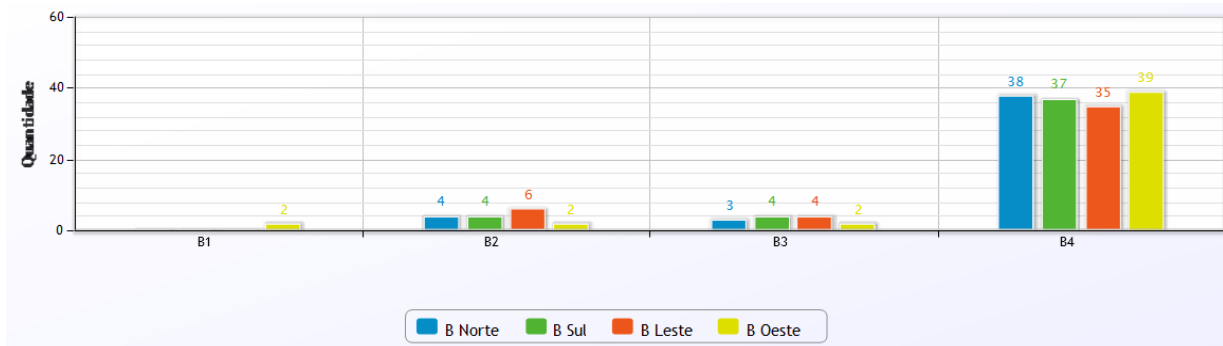
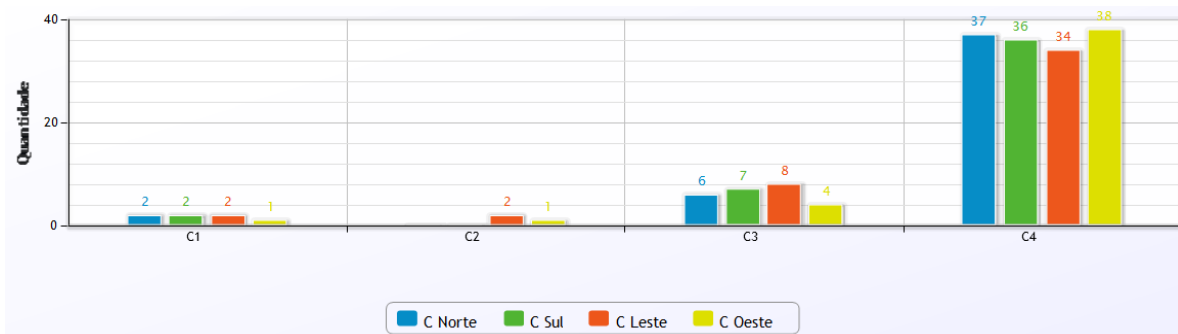


Gráfico 5 – Demarcações das variáveis do Parâmetro C – Especularidade das Fachadas Externas à Edificação e suas variáveis (C1 a C4).



• **PARÂMETRO D – ÂNGULO MÁXIMO DE INCIDÊNCIA DO SOL NA FACHADA DO EDIFÍCIO**

De acordo com a Figura 108, a análise deste parâmetro apresenta as seguintes opções de demarcações (D1 – Ângulo menor que 30°, D2 – Ângulo de 30° a 60°, D3 – Ângulo de 60° a 90° e D4 - Ângulo de 90°).

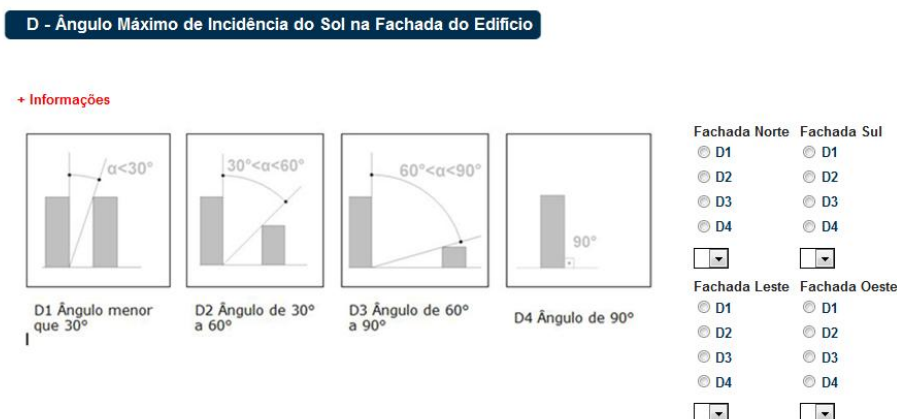
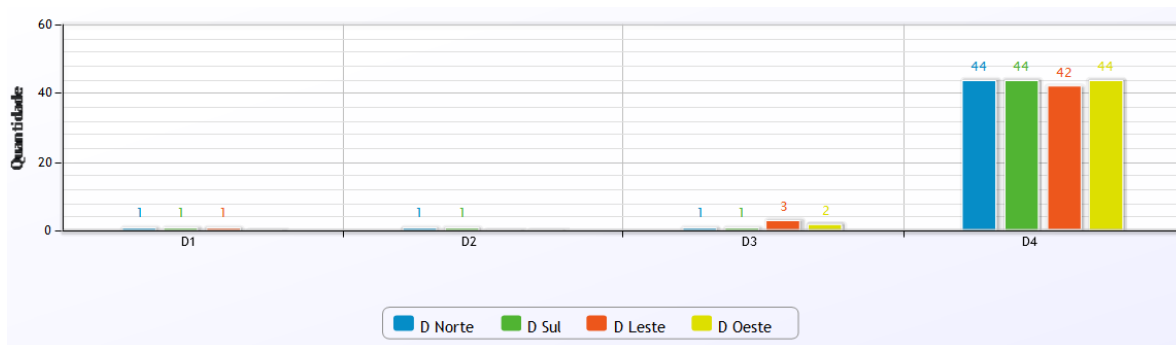


Figura 108 – Parâmetro D – Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício e suas variáveis (D1 a D4).

Do total de 50 alunos, 47 (94% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 6, das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos ao ângulo máximo de incidência do sol na fachada do edifício da Casa do Professor a variável mais demarcada foi: **D4 - Ângulo de 90° (Fachada Norte/Sul: 44 demarcações, 93,62% do total e Nota média: 6,67. Fachada Leste: 42 demarcações, 93,62% do total e Nota média: 6,67. Fachada Oeste: 44 demarcações, 93,62% do total e Nota média: 6,67.)**.

Gráfico 6 – Demarcações das variáveis do Parâmetro D – Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício e suas variáveis (D1 a D4).



4.3.2 Resultados das análises do Nível II – Edifício: EDIFÍCIO I

• **PARÂMETRO E – PLANTA BAIXA E FORMA**

De acordo com a Figura 109, a análise deste parâmetro é composta das seguintes opções de demarcações (E1 – Edifícios com planta profunda, E2 – Edifício térreo, E3 – Blocos unilaterais/bilaterais, E4 – Edifícios com pátio interno ou átrio, E5 – Edifício com pele dupla e E6 - Outros).

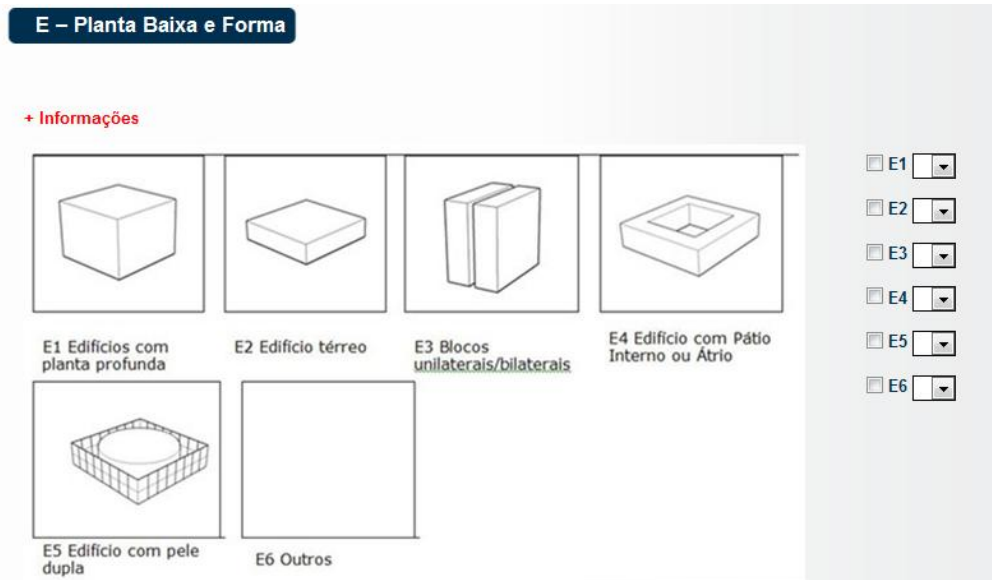
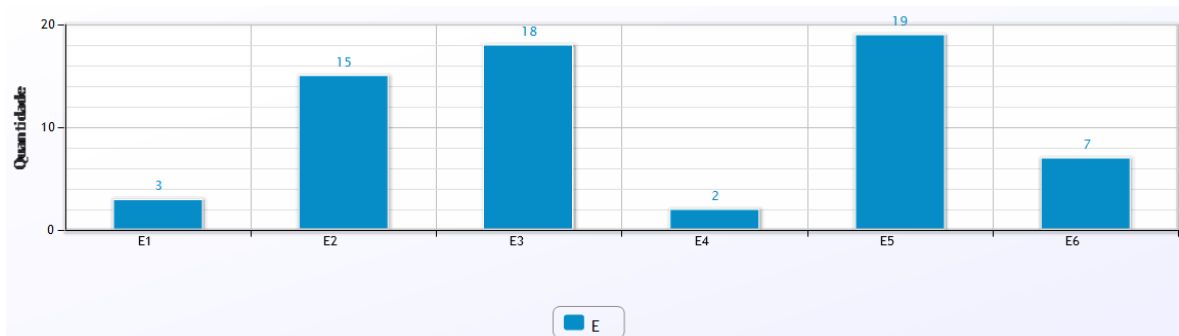


Figura 109 – Parâmetro E – Planta Baixa e Forma e suas variáveis (E1 a E6).

Do total de 50 alunos, 47 (94% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 7, das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos à planta baixa e forma do EDIFÍCIO 1, as variáveis mais demarcadas foram:

- E3 – Blocos Unilaterais/Bilaterais (com 18 demarcações, 28,3% do total e Nota média: 3,33) e;
- E5 – Edifício com Pele Dupla (com 19 demarcações, 29,69% do total e Nota média: 3,17).

Gráfico 7 – Demarcações das variáveis do Parâmetro E – Planta Baixa e Forma do EDIFÍCIO 1.



- **PARÂMETRO F – REFLETÂNCIA DAS FACHADAS DO EDIFÍCIO ANALISADO E PARÂMETRO G - ESPECULARIDADE DAS FACHADAS DO EDIFÍCIO ANALISADO**

De acordo com a Figuras 110, a análise destes dois parâmetros apresenta as seguintes opções de demarcações (Parâmetro F: F1 – Alta, F2 – Média, F3 – Baixa e Parâmetro G: G1 – Alta, G2 – Média, G3 – Baixa). Outra informação importante é que nesses parâmetros as análises devem ser realizadas com o intuito de averiguar a refletância e especularidade das fachadas das quatro fachadas do edifício analisado (Norte, Sul, Leste e Oeste).

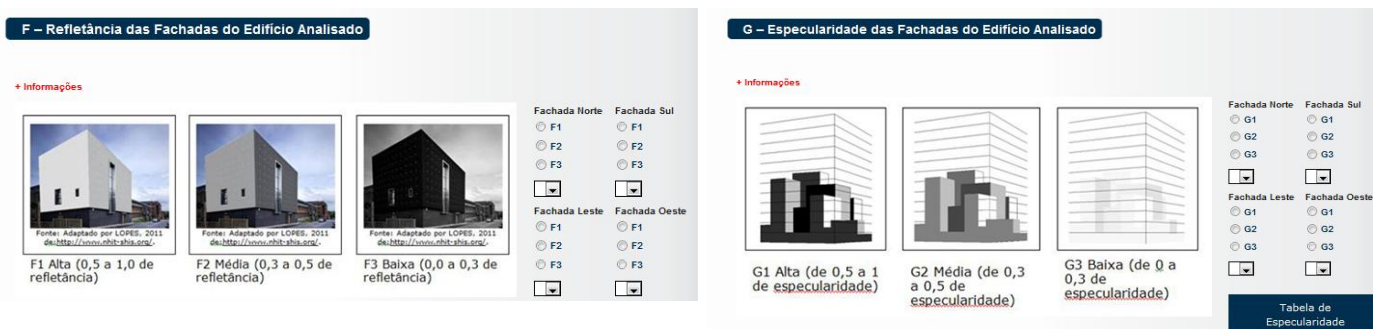


Figura 110 – Parâmetro F – Refletância das Fachadas do Edifício Analisado (F1 a F3) e Parâmetro G – Especularidade das Fachadas do Edifício Analisado e suas variáveis (G1 a G3).

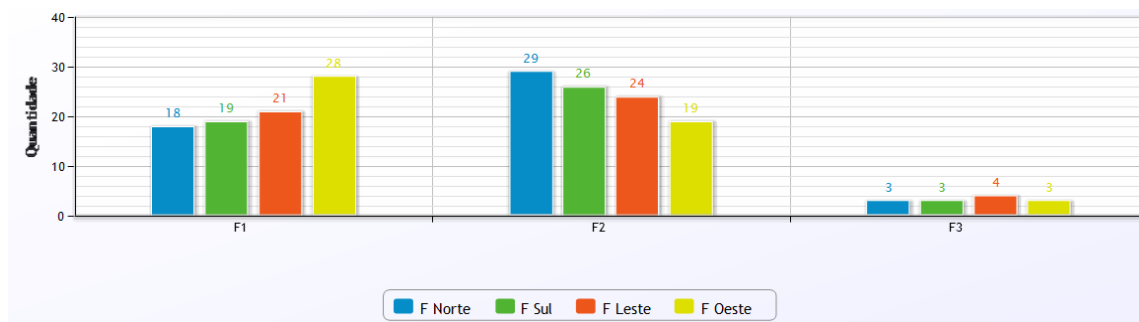
Do total de 50 alunos, 47 (94% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 8, das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos à Refletância das Fachadas do Edifício analisado, as variáveis mais demarcadas foram:

F1 – Refletância Alta (**Fachada Norte:** com 18 demarcações, 36% do total e Nota média: 3; **Fachada Sul:** com 19 demarcações, 39,58% do total e Nota média: 2,83; **Fachada Leste:** com 21 demarcações, 42,86% do total e Nota média: 3,17 e **Fachada Oeste:** com 28 demarcações, 56% do total e Nota média: 4).

F2 – Refletância Média (**Fachada Norte:** com 29 demarcações, 58% do total e Nota média: 3,83; **Fachada Sul:** com 26 demarcações, 54,17% do total e Nota média: 3,67; **Fachada Leste:** com 24 demarcações, 48,98% do total e Nota média: 3,5 e **Fachada Oeste:** com 19 demarcações, 38% do total e Nota média: 3).

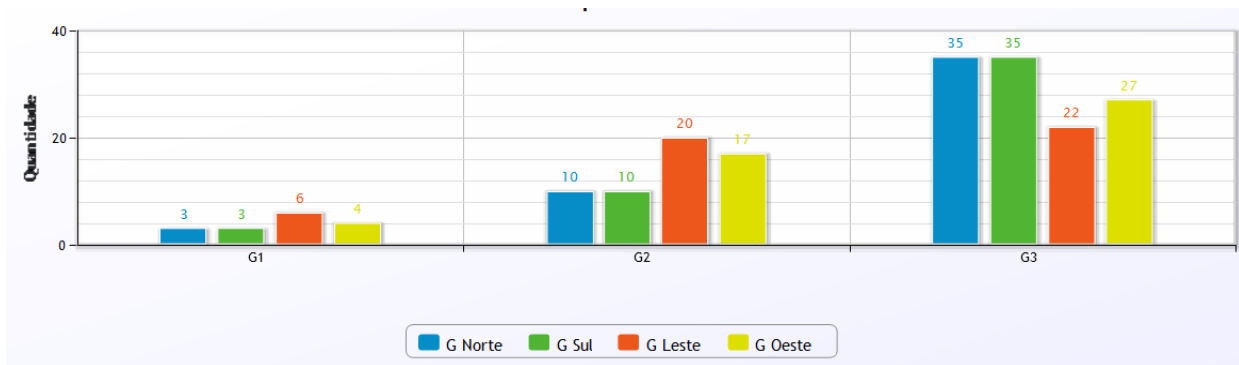
De acordo com esses resultados, a variável F1 - Refletância Alta, apresentou maior número de demarcações na fachada Oeste, já a variável F2 - Refletância Média apresentou maior número de demarcações nas fachadas Norte, Sul e Leste.

Gráfico 8 – Demarcações das variáveis do Parâmetro F – Refletância das Fachadas do EDIFÍCIO 1 (F1 a F3).



Conforme demonstra o Gráfico 9, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo à Especularidade das Fachadas do Edifício analisado, as variável mais demarcada foi a G3 – Especularidade Baixa (**Fachada Norte/Sul:** com 35 demarcações, 72,92% do total e Nota média: 5,67; **Fachada Leste:** com 22 demarcações, 45,83% do total e Nota média: 3,5 e **Fachada Oeste:** com 27 demarcações, 56,25% do total e Nota média: 4,5).

Gráfico 9 – Demarcações das variáveis do Parâmetro G – Especularidade das Fachadas do Edifício Analisado (G1 a G3).



• PARÂMETRO H - TAXA DE ABERTURA NAS FACHADAS

De acordo com a Figura 11, a análise deste parâmetro apresenta as seguintes opções de demarcações (H1 – Até 25% de aberturas, H2 – Entre 25% e 50% de aberturas, H3 – Entre 50% e 75% de aberturas e H4 – Mais de 75% de aberturas). Outra informação importante é que nesse parâmetro as análises devem ser realizadas com o intuito de averiguar a taxa de abertura das quatro fachadas do edifício analisado (Norte, Sul, Leste e Oeste).

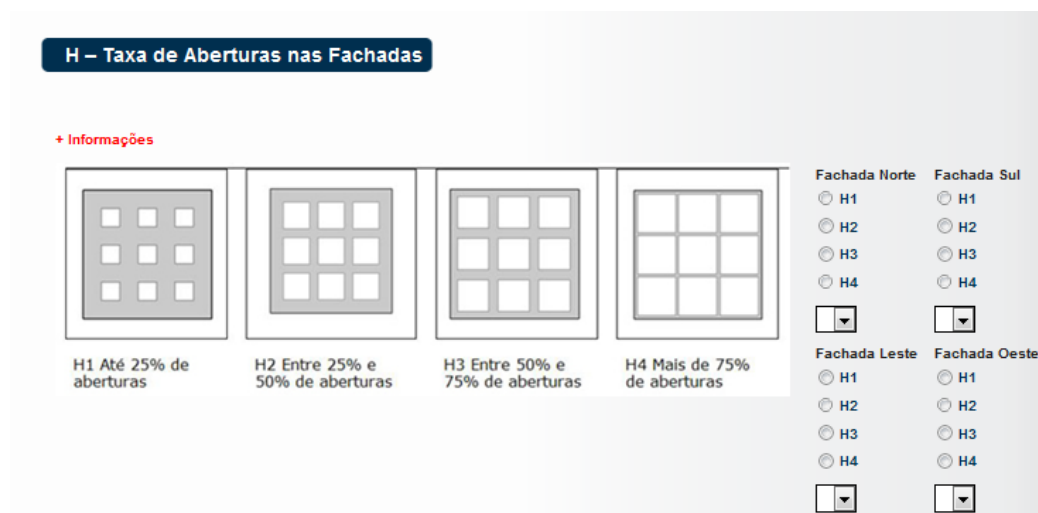


Figura 111 – Parâmetro H – Taxa de Abertura das Fachadas e suas variáveis (H1 a H4).

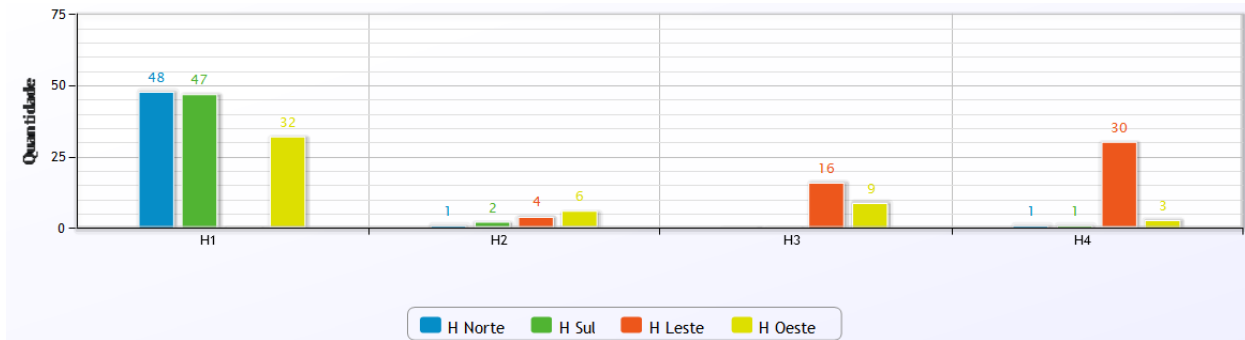
Nesse parâmetro, houve demarcação de 100% dos alunos, isto é, os 50 alunos realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 10, das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos à Taxa de Abertura nas Fachadas do Edifício analisado, as variáveis mais demarcadas foram:

H1 – Até 25% de aberturas (**Fachada Norte:** com 48 demarcações, 96% do total; **Fachada Sul:** com 47 demarcações, 94% do total e Nota média: 7 e **Fachada Oeste:** com 32 demarcações, 64% do total e Nota média: 4,83).

H4 - Entre 50% e 75% de aberturas (**Fachada Leste:** com 30 demarcações, 60% do total e Nota média: 4,33).

No entanto, é importante ficar claro que a demarcação da variável H1 corresponde às fachadas Norte, Sul e Oeste e H3 à fachada Leste.

Gráfico 10 – Demarcações das variáveis do Parâmetro H – Taxa de Abertura das Fachadas do EDIFÍCIO 1.



• PARÂMETRO I - DISTRIBUIÇÃO DAS ABERTURAS NAS FACHADAS

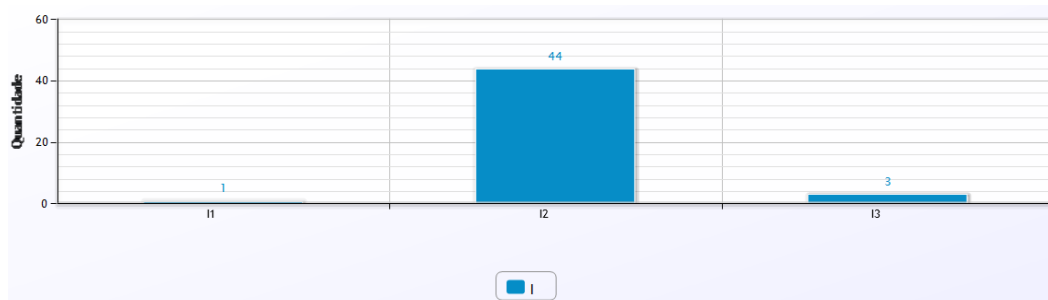
De acordo com a Figura 112, a análise deste parâmetro apresenta as seguintes opções de demarcações (I1 – Fachadas uniformes, I2 – Fachadas não uniformes – com relação à orientação solar, I3 – Fachadas não uniformes – com relação ao espaço urbano).



Figura 112 – Parâmetro I – Distribuição das Aberturas nas Fachadas e suas variáveis (I1 a I3).

Do total de 50 alunos, 48 (96% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 11, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo à Distribuição das Aberturas nas Fachadas do edifício analisado, a variável mais demarcada foi a I2 – Fachadas não Uniformes – com relação à orientação solar (com 44 demarcações, 91,67% do total e Nota média: 5,67).

Gráfico 11 – Demarcações das variáveis do Parâmetro I – Distribuição das Aberturas nas Fachadas do EDIFÍCIO 1



• PARÂMETRO J - PROTEÇÕES SOLARES NAS FACHADAS

De acordo com a Figura 113, a análise deste parâmetro apresenta as seguintes opções de demarcações (J1 – Pórticos e varandas, J2 – Brises, J3 – Cobogós, J4 – Beirais e Marquises, J5 – Pergolados, J6 – Vegetação na Fachada, J7 – Chapa Perfurada e J8 - Outros). Outra informação importante é que nesse parâmetro as análises devem ser realizadas com o intuito de averiguar as proteções solares das quatro fachadas do edifício analisado (Norte, Sul, Leste e Oeste).



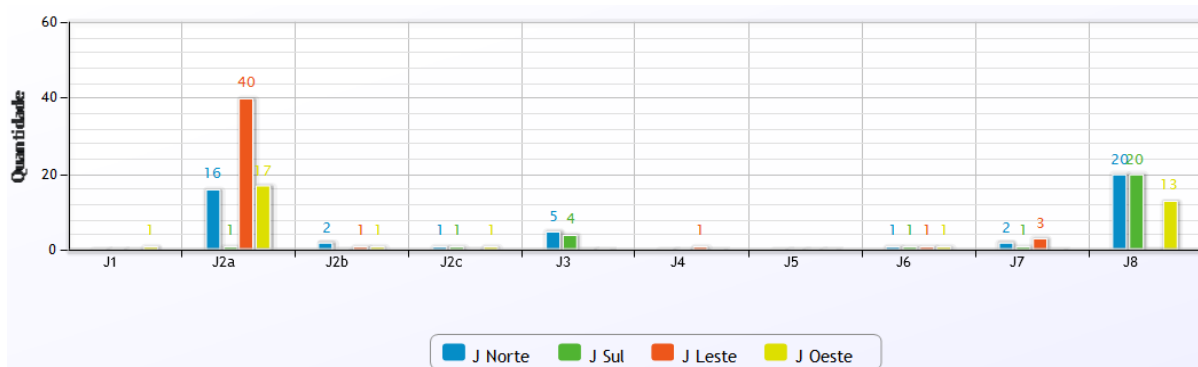
Figura 113 – Parâmetro J – Proteções Solares nas Fachadas e suas variáveis (J1 a J8).

Do total de 50 alunos, 46 (92% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 12, das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos a Proteções Solares nas Fachadas do edifício analisado, as variáveis mais demarcadas foram:

J2a – Brise Horizontal (**Fachada Norte:** com 16 demarcações, 59,26% do total e Nota média: 1,33; **Fachada Leste:** com 40 demarcações, 86,96% do total e Nota média: 4; e **Fachada Oeste:** com 17 demarcações, 80,95% do total e Nota média: 0,83) e;

J8 – Outros (**Fachada Norte:** com 20 demarcações, 59,26% do total e Nota média: 1,33; **Fachada Sul:** com 20 demarcações, 86,96% do total e Nota média: 4; e **Fachada Oeste:** com 13 demarcações, 80,95% do total e Nota média: 0,83).

Gráfico 12 – Demarcações das variáveis do Parâmetro A – Desenho Urbano do EDIFÍCIO 1.



• PARÂMETRO K - ABERTURAS ZENITAIS

De acordo com a Figura 114, a análise deste parâmetro apresenta as seguintes opções de demarcações (K1 – Clarabóia, K2 – Lanternim, K3 – Shed ou dente de serra, K4 – Cobertura translúcida, K5 – Poço de luz, K6 – Outros).

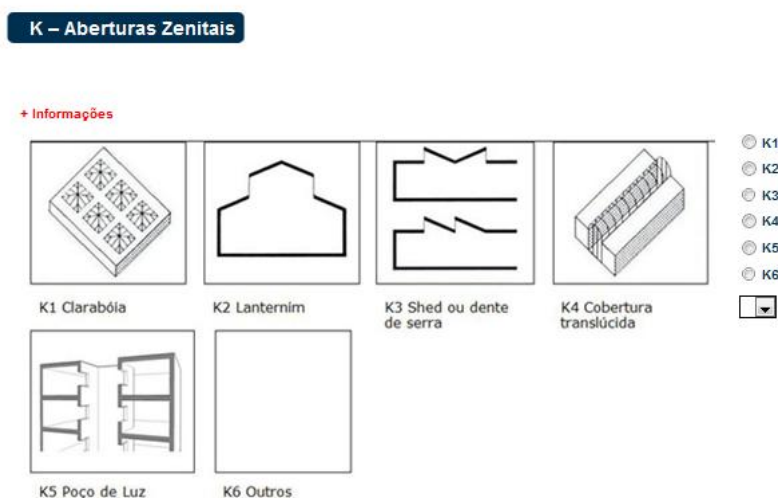


Figura 114 – Parâmetro K – Aberturas Zenitais e suas variáveis (K1 a K6).

Das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos a Aberturas Zenitais do edifício analisado, a variável mais demarcada foi de que não existem aberturas zenitais nesse edifício (com 46 demarcações, 92% do total).

4.3.3 Resultados das análises do Nível III – Ambiente: EDIFÍCIO 1

• PARÂMETRO L – PLANTA BAIXA

De acordo com a Figura 115, a análise deste parâmetro é composta das seguintes opções de demarcações (L1 – Unilateral, L2 – Bilateral, L3 – Ambiente Profundo, L4 – Outros).

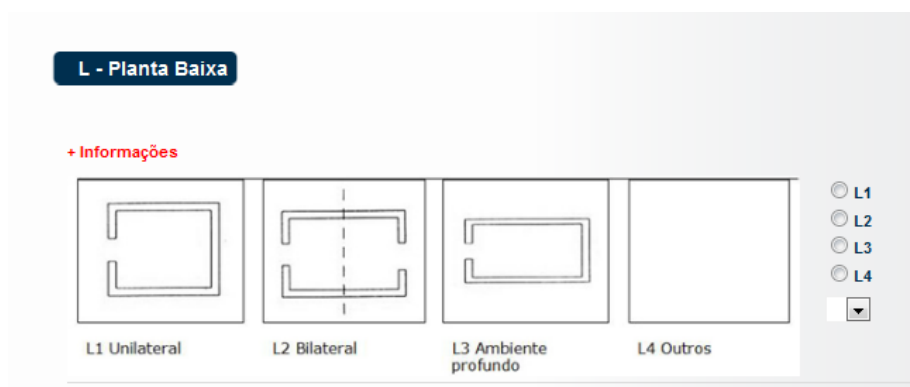
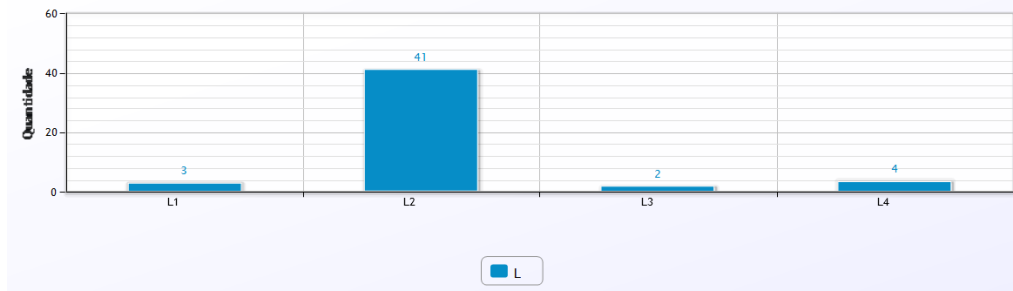


Figura 115 – Parâmetro L – Planta Baixa e suas variáveis (L1 a L4).

Nesse parâmetro, houve demarcação de 100% dos alunos, isto é, os 50 alunos realizaram a análise deste parâmetro.

Conforme demonstra o Gráfico 13, das 50 análises realizadas referente ao aspecto relativo à planta baixa do EDIFÍCIO 1, a variável mais demarcada foi: L2 – Bilateral (com 41 demarcações, 82% do total e Nota média: 6).

Gráfico 13 – Demarcações das variáveis do Parâmetro L – Planta Baixa do EDIFÍCIO 1.



• PARÂMETRO M- POSIÇÃO DO COLETOR DE LUZ

De acordo com a Figura 116, a análise deste parâmetro é composta das seguintes opções de demarcações (M1 – Centro do plano lateral, M2 – Centro do plano zenital, M3 – Entre planos, M4 – Ao longo do canto entre planos, M5 – Parede Aberta e M6 - Outro).



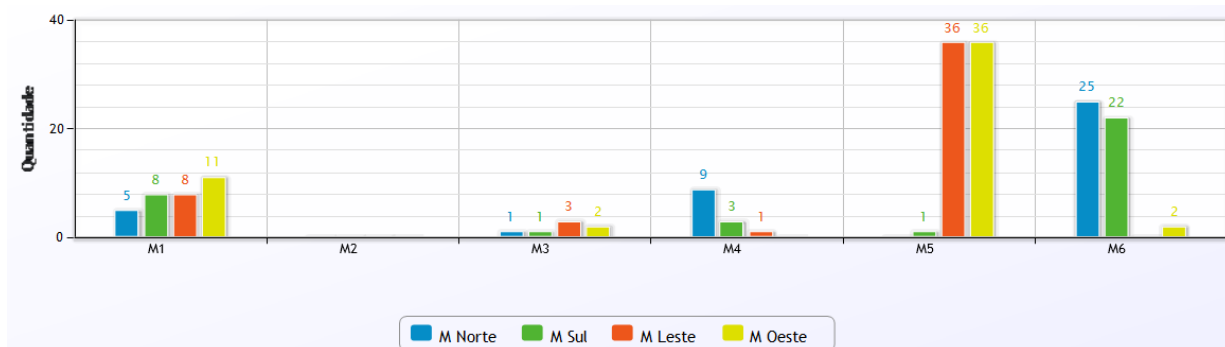
Figura 116 – Parâmetro M – Posição do Coletor de Luz e suas variáveis (M1 a M6).

Do total de 50 alunos, 47 (94% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 14, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo à Posição do Coletor de Luz do EDIFÍCIO 1, as variáveis mais demarcadas foram:

M5 – Parede Aberta (**Fachada Leste/Oeste:** 36 demarcações, 75% do total e Nota média: 5,83) e;

M6 – Outros (**Fachada Norte:** 25 demarcações, 62,5% do total e Nota média: 3,5; **Fachada Sul:** 22 demarcações, 62,86% do total e Nota média: 3,33).

Gráfico 14 – Demarcações das variáveis do Parâmetro M – Posição do Coletor de Luz do EDIFÍCIO 1.



• **PARÂMETRO N- DIMENSÃO DO COLETOR DE LUZ**

De acordo com a Figura 117, a análise deste parâmetro é composta das seguintes opções de demarcações (N1 – Abertura lateral de até 15%, N2 – Abertura lateral de 15% a 30%, N3 – Abertura lateral de acima de 30%, N4 – Abertura zenital de até 15%, N5 – Abertura zenital de 15% a 30% e N6 - Abertura zenital acima de 30%).



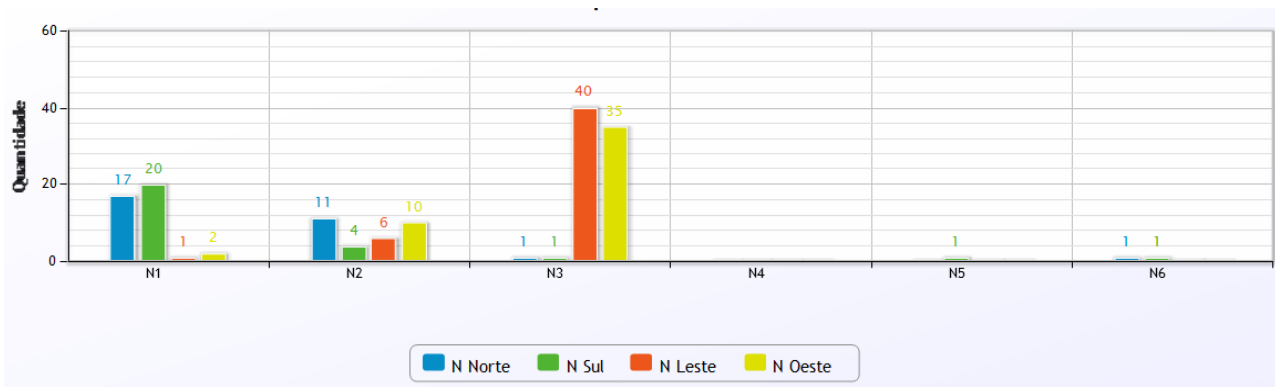
Figura 117 – Parâmetro N – Dimensão do Coletor de Luz e suas variáveis (N1 a N6).

Do total de 50 alunos, 47 (94% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 15, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo à Dimensão do Coletor de Luz do EDIFÍCIO 1, as variáveis mais demarcadas foram:

N1 – Abertura lateral de até 15%, (**Fachada Norte:** 17 demarcações, 56,67% do total e Nota média: 2,5; **Fachada Sul:** 20 demarcações, 70,07% do total e Nota média: 3) e;

N3 – Abertura lateral de acima de 30%, (**Fachada Leste:** 40 demarcações, 85,11% do total; **Fachada Oeste:** 35 demarcações, 74,47% do total e Nota média: 5,87).

Gráfico 15 – Demarcações das variáveis do Parâmetro N – Dimensão do Coletor de Luz do EDIFÍCIO 1.



• **PARÂMETRO O – FORMA DO COLETOR DE LUZ**

De acordo com a Figura 118, a análise deste parâmetro é composta das seguintes opções de demarcações (O1 – Janela intermediária, O2 – Janela horizontal, O3 – Janela vertical, O4 – Cortina de vidro, O5 – Abertura zenital horizontal, O6 - Abertura zenital vertical e O7 - Teto envidraçado).



Figura 118 – Parâmetro O – Planta Baixa e suas variáveis (O1 a O7).

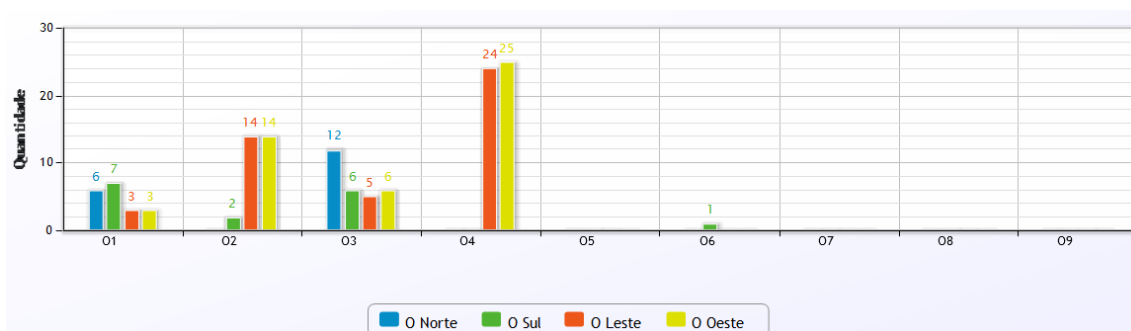
Do total de 50 alunos, 47 (94% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 16, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo à Forma do Coletor de Luz do EDIFÍCIO 1, as variáveis mais demarcadas foram:

O1 – Janela intermediária (**Fachada Norte:** com 6 demarcações, 33,33% do total e Nota média: 0,83; **Fachada Sul:** com 7 demarcações, 43,75% do total e Nota média: 2);

O3 – Janela vertical (**Fachada Norte:** com 12 demarcações, 66,67% do total e Nota média: 2) e;

O4 – Cortina de vidro (**Fachada Leste:** com 24 demarcações, 52,17% do total e Nota média: 3,83; **Fachada Oeste:** com 25 demarcações, 52,08% do total e Nota média: 4,17).

Gráfico 16 – Demarcações das variáveis do Parâmetro O – Forma do Coletor de Luz do EDIFÍCIO 1.



• **PARÂMETRO P – CONTROLE DE ENTRADA DE LUZ**

De acordo com a Figura 119, a análise deste parâmetro é composta das seguintes opções de demarcações (P1 – Brise; P2 – Beirais ou Toldos; P3 – Cobogó; P4 – Vidro ou película com controle solar; P5 – Peitoril; P6 - Prateleira de luz; P7 - Cortina ou persiana e P8 - Outros).

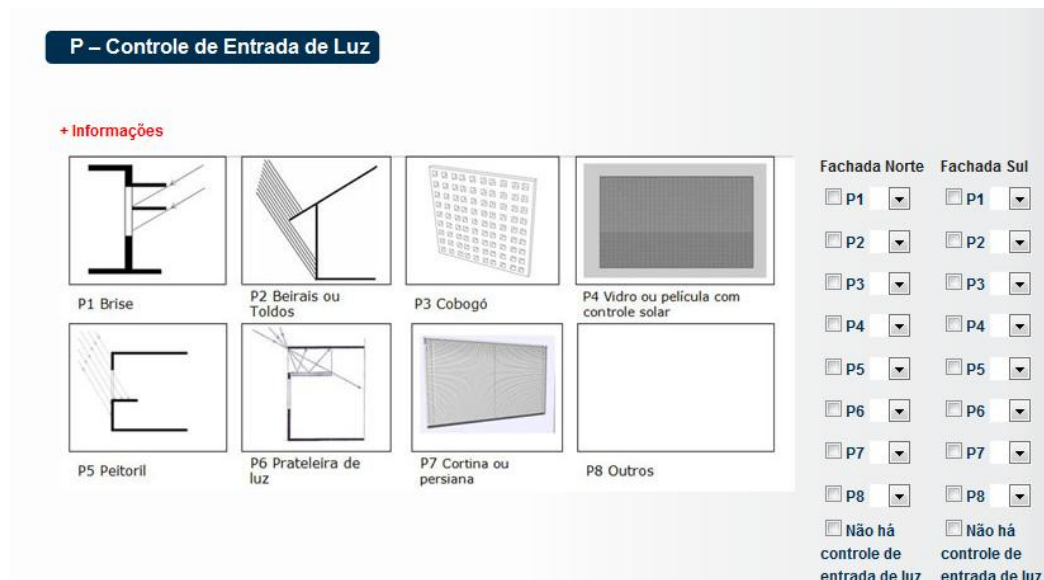


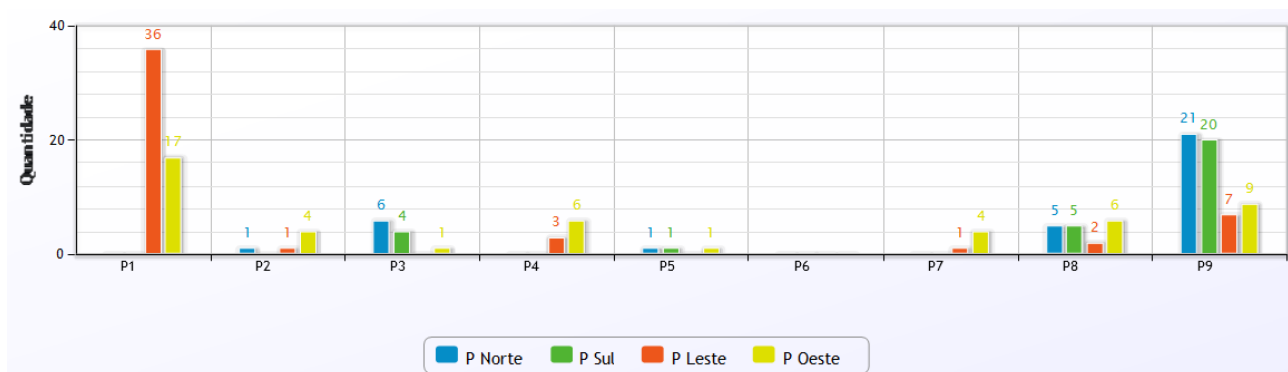
Figura 119 – Parâmetro P – Controle da Entrada de Luz e suas variáveis (P1 a P8).

Do total de 50 alunos, 47 (94% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 17, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo ao Controle da Entrada de Luz do EDIFÍCIO 1, as variáveis mais demarcadas foram:

P1 – Brise (**Fachada Leste:** com 36 demarcações, 72% do total e Nota média: 5,67; **Fachada Oeste:** com 17 demarcações, 35,42% do total e Nota média: 2,67);

P9 – Não há controle de entrada de lua (**Fachada Norte:** com 21 demarcações, 61,76% do total e; **Fachada Sul:** com 20 demarcações, 66,67% do total).

Gráfico 17 – Demarcações das variáveis do Parâmetro P – Controle da Entrada de Luz do EDIFÍCIO 1.



• PARÂMETRO Q – TIPO DE ENVIDRAÇADO

De acordo com a Figura 120, a análise deste parâmetro é composta das seguintes opções de demarcações (Q1 – Transparente e Q2 – Translúcido).

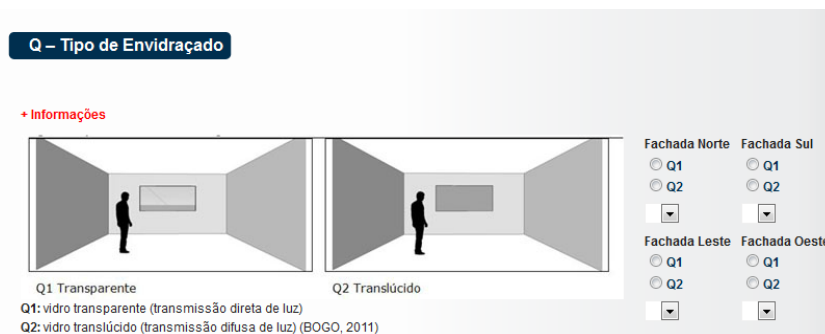
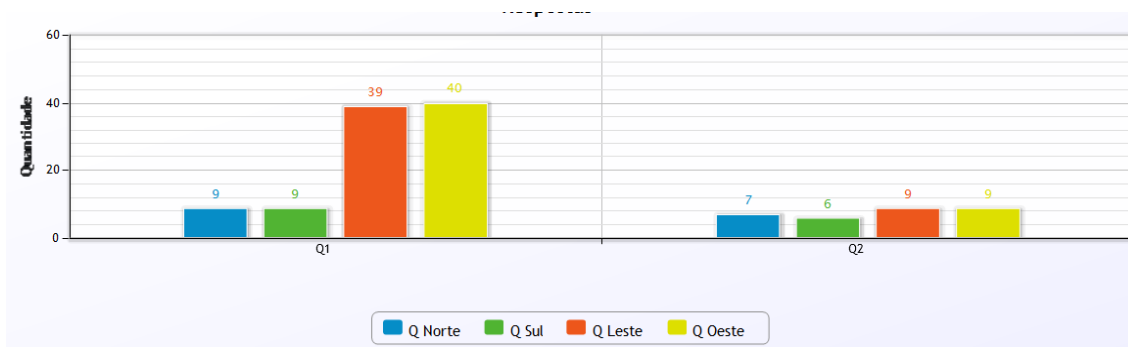


Figura 120 – Parâmetro Q – Tipo de Envidraçado e suas variáveis (Q1 a Q2).

Do total de 50 alunos, 48 (96% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 17, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo ao Tipo de Envidraçado do EDIFÍCIO 1, a variável mais demarcada foi a Q1 – Transparente (**Fachada Leste:** com 39 demarcações, 81,25% do total e Nota média: 6; **Fachada Oeste:** com 40 demarcações, 81,63% do total e Nota média: 6,33);

Gráfico 18 – Demarcações das variáveis do Parâmetro Tipo de Envidraçado do EDIFÍCIO 1.



- **PARÂMETRO R – REFLETÂNCIA DO TETO, PARÂMETRO S- REFLETÂNCIA DAS PAREDES E PARÂMETRO T – REFLETÂNCIA DO PISO**

De acordo com a Figura 121, a análise destes parâmetros é composta das seguintes opções de demarcações (R1/S1/T1 – Alta, R2/S2/T2 – Média, R3/S3/T3 - Baixa).

R - Refletância do teto

+ Informações

R1 Alta (50% a 100% de refletância)

R2 Média (30% a 50% de refletância)

R3 Baixa (0% a 30% de refletância)

Ambiente de permanência prolongada, ter refletância do teto acima de 60% (RTQ-R)

R1
 R2
 R3

Tabela de Refletância

S - Refletância das paredes

+ Informações

S1 Alta (50% a 100% de refletância)

S2 Média (30% a 50% de refletância)

S3 Baixa (0% a 30% de refletância)

S1
 S2
 S3

Tabela de Refletância

T - Refletância do piso

+ Informações

T1 Alta (50% a 100% de refletância)

T2 Média (30% a 50% de refletância)

T3 Baixa (0% a 30% de refletância)

T1
 T2
 T3

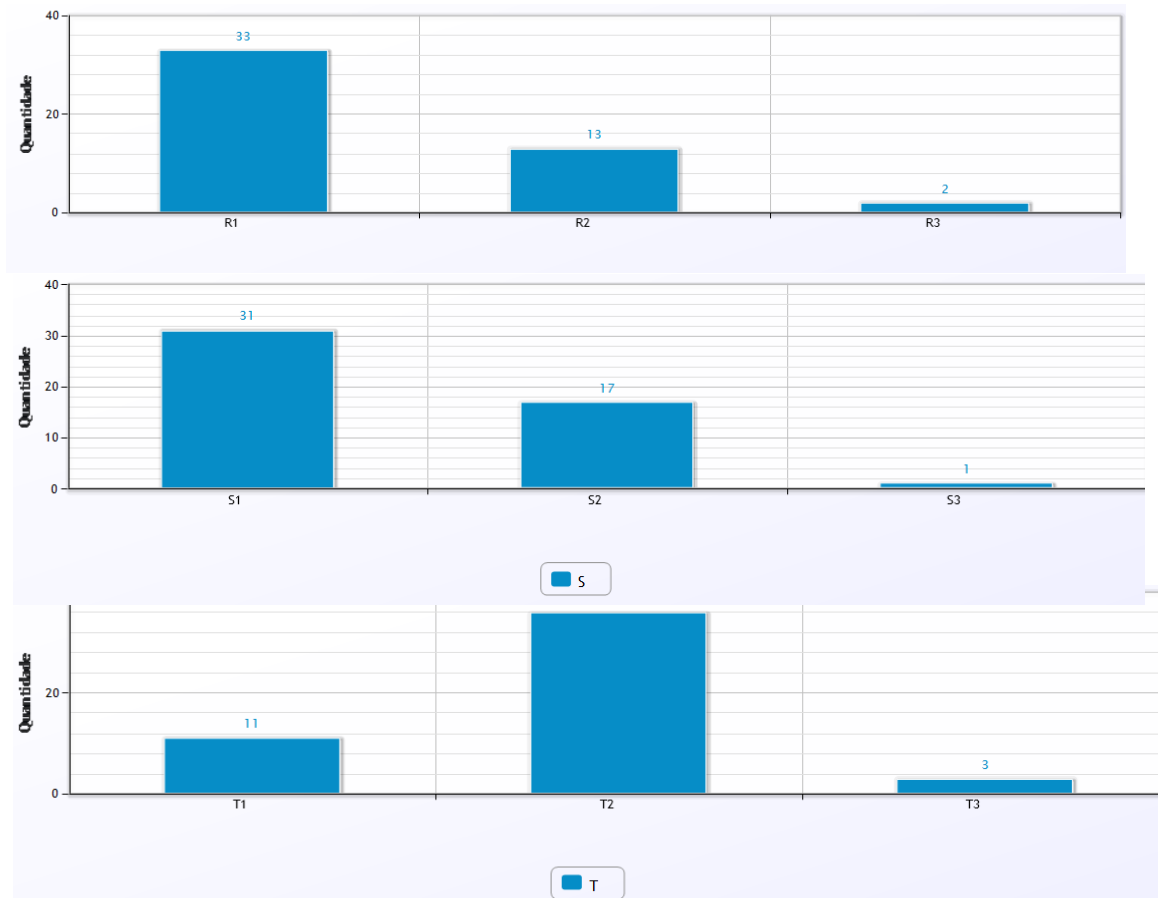
Tabela de Refletância

Figura 121 – Parâmetro R, S e T – Refletância do Teto, das Paredes e do Piso e suas variáveis.

Do total de 50 alunos, 49 (98% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 19, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo à Refletância do Teto, das Paredes e do Piso do EDIFÍCIO 1, as variáveis mais demarcadas foram:

R1– Refletância Alta (com 33 demarcações, 68,75% do total e Nota média: 4,83); S1 – Refletância Alta (com 31 demarcações, 63,27% do total e Nota média: 4,67) e T2 – Refletância Média (com 36 demarcações, 72% do total e Nota média: 5,5).

Gráfico 19 – Demarcações das variáveis dos Parâmetros R, S e T – Refletância do Teto, das Paredes e do Piso do EDIFÍCIO 1.



• **PARÂMETRO U – CONTROLE E INTEGRAÇÃO DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL**

De acordo com a Figura 122, a análise deste parâmetro é composta das seguintes opções de demarcações (U1 – On/off manual; U2 – On/off com sensor; U3 - Dimmer manual; U4 – Dimmer com sensor; U5 – Sensor de presença ou temporizador; U6 - Outros).

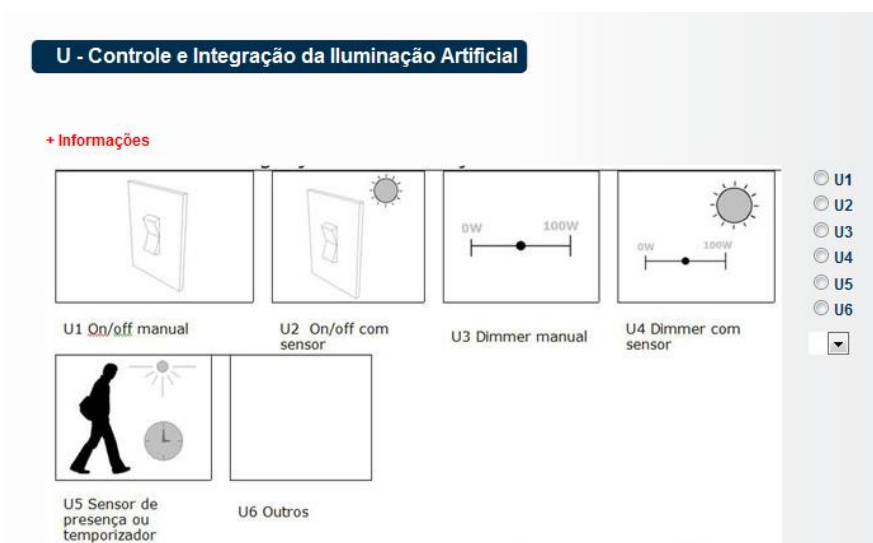
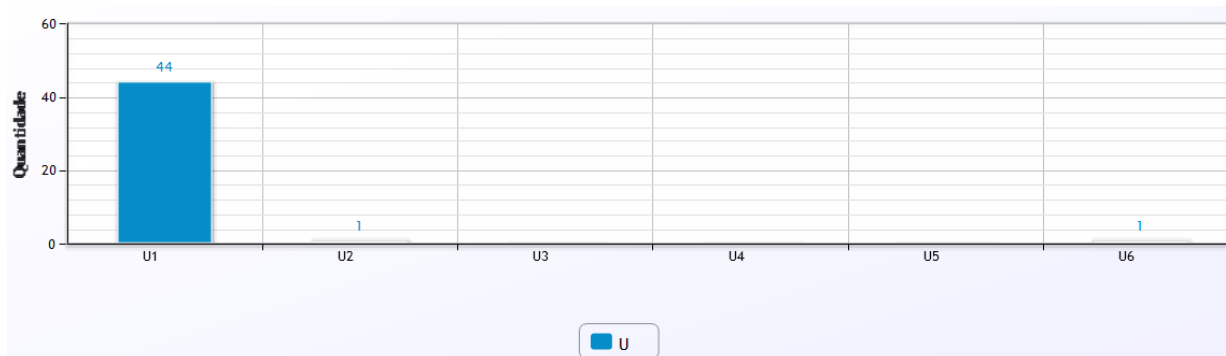


Figura 122 – Parâmetro U – Controle e Integração da Iluminação Artificial e suas variáveis (U1 a U6).

Do total de 50 alunos, 44 (95,65% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 20, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo ao Controle e Integração

da Iluminação Artificial do EDIFÍCIO 1, a variável mais demarcada foi a U1– On/off manual (com 44 demarcações).

Gráfico 20 – Demarcações das variáveis do Parâmetro U – Controle e Integração da Iluminação Artificial do EDIFÍCIO 1.

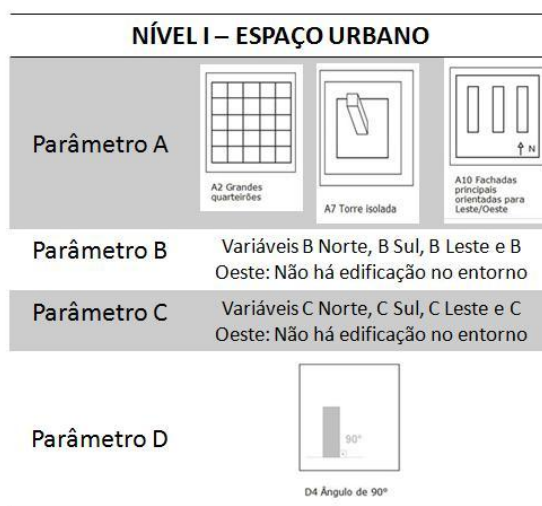


4.3.4 Resultado Final das Análises do EDIFÍCIO 1

RESULTADOS FINAIS DAS ANÁLISES DO NÍVEL I: De acordo com as demarcações dos parâmetros do Nível I – Espaço Urbano (Tabelas 23 e 26), no aspecto relativo ao desenho urbano as análises realizadas pelos alunos informam que o Edifício 1 está inserido em **Grandes Quarteirões (A2)** e se configura como uma **Torre Isolada (A7)**. Além disso, no aspecto relativo à orientação da fachada em relação ao sol esta edificação se configura como um edifício com **Fachadas Principais Orientadas para Leste/Oeste (A10)**.

No entanto, a variável A3 – Superquadras, também apresentou um número significativo de demarcações (6), isso pode ser em função do caso atípico do desenho urbano de Brasília se configurar como superquadras, o que pode ter gerado uma confusão na hora de escolher entre um desenho urbano denominado Grandes Quarteirões e Superquadras.

Tabela 23 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 1 referente ao Nível I – Espaço Urbano do Diagrama Morfológico.



No aspecto relativo à refletância e especularidade das fachadas externas à edificação, os resultados foram que o edifício **“não possui edificação no entorno de nenhuma das fachadas”** (Norte, Sul, Leste e Oeste). Quanto ao ângulo máximo de incidência do sol na fachada, o Edifício 1 apresenta **Ângulo de 90° (D4)**, isto é, nenhum edifício vizinho faz sombra no edifício analisado.

Com relação à avaliação destas demarcações observa-se que as notas médias dadas a estes parâmetros para este edifício foram relativamente positivas, a maioria dos alunos deram notas acima de 4

para as variáveis, apenas a variável A-10 (Fachadas principais orientadas para Leste e Oeste) e D4/Leste e Oeste (Ângulo de 90°) apresentaram nota abaixo de 4: **A-10 (nota 3,45)**, e **D4/L e O (nota 3)**. O que implica em dizer que para os alunos estes parâmetros não têm impactos negativos quanto ao conforto ambiental e iluminação natural deste edifício, exceto por ser um edifício com fachadas principais orientadas para Leste e Oeste e não possuir edificações próximas às fachadas Leste e Oeste. No entanto isso se ameniza pela presença das proteções solares nestas duas fachadas. O resumo dos resultados encontra-se nas Tabelas 23 e 26.

RESULTADOS FINAIS DAS ANÁLISES DO NÍVEL II: De acordo com as demarcações dos parâmetros do Nível II – Edifício (Tabelas 24 e 26), no aspecto relativo à planta baixa e forma, o Edifício 1 se configura como um **Edifício com Pele Dupla (E5)**, no entanto, o aspecto predominante deste edifício é ser um **Bloco Unilateral/Bilateral (E3)**. Com relação à refletância e especularidade ele apresenta **Refletância Alta (F1) na fachada Oeste e Refletância Média (F2) nas demais fachadas; Especularidade Baixa (G3)** em todas as fachadas. Possui **até 25% de abertura (H1) na Fachada Norte, Sul e Oeste e entre 50% e 75% de Aberturas (H3) na Fachada Leste**.

No aspecto Distribuição das Aberturas nas Fachadas o mesmo se configura como um edifício com **Fachadas Não Uniformes – com relação à orientação solar (I2)**, e apresenta **Brise Horizontal (J2a) nas fachadas Leste e Oeste. Não tem abertura zenital (k)**.

Com relação à avaliação destas demarcações observa-se que as notas médias dadas a estes parâmetros para este edifício foram relativamente positivas, a maioria dos alunos deram notas acima de 4 para estas variáveis, apenas as variáveis **F1/O – Refletância Alta na Fachada Oeste, H1/Sul (até 25% de abertura na fachada) e H3/L (Taxa de abertura entre 50% e 75% na fachada Leste)** apresentaram nota abaixo de 4: **F1/O (nota 3,54)**, **H1/S (nota 3,9)** e **H3/L (nota 3,53)**. Sendo que para eles o mais grave foi o fato da fachada sul ter apenas 25% de abertura, já que esta seria a fachada que poderia ter taxa maior de abertura devido à sua orientação com relação ao sol. Além disso, a quantidade de abertura na fachada leste foi considerada um ponto negativo para os alunos; no entanto, nesta fachada há presença de proteção solar, o que implica em dizer que de maneira geral, para os alunos estes parâmetros não têm impactos negativos quanto ao conforto ambiental e iluminação natural deste edifício. O resumo dos resultados encontra-se nas Tabelas 24 e 26.

RESULTADOS FINAIS DAS ANÁLISES DO NÍVEL III: De acordo com as demarcações dos parâmetros do Nível III – Ambiente (Tabelas 25 e 26), no aspecto relativo à planta baixa, o Edifício 1 se configura como um **Edifício Bilateral (L2)**. Com relação à Posição do Coletor de Luz ele apresenta **Parede Aberta (M5) nas Fachadas Leste e Oeste e Outros (M6) nas Fachadas Norte e Sul**. Quanto à Dimensão do Coletor de Luz tem **Abertura Lateral de até 15% (N1) nas Fachadas Norte e Sul e Aberturas Laterais acima de 30% nas Fachadas Leste e Oeste**. Apresenta **Janela Intermediária (O1) na Fachada Sul, Janela Vertical (O3) na Fachada Norte e Cortina de Vidro (O4) nas Fachadas Leste e Oeste**. Quanto ao parâmetro Controle da Entrada de Luz o edifício analisado possui **Brise (P1) nas Fachadas Leste e Oeste, e nas Fachadas Norte e Sul não apresenta controle da entrada de luz**. O tipo de envidraçado é **Transparente (Q1)**, a **Refletância do Piso e das Paredes é Alta (R1/S1) e do Teto é Média (T2)**. O Controle e Integração da Iluminação Artificial é **on/off manual (U1)**. O resumo dos resultados encontra-se nas Tabelas 24 e 26.

Com relação à avaliação destas demarcações observa-se que as notas médias dadas a estes parâmetros para este edifício foram relativamente positivas, a maioria dos alunos deram notas acima de 4 para as variáveis, apenas as variáveis **M5/O – Parede aberta na fachada oeste, N1/Norte e Sul (abertura lateral nas fachadas norte e sul de até 15%) e O1/S (janela intermediária na fachada sul)** apresentaram nota abaixo de 4: **M5/O (nota 3,54)**, **N1/Norte e Sul (nota 3,3)**, **O1/S (nota 3,83)**, **P9/Norte e Sul (nota 0)**. Isto implica em dizer que para os alunos estes três pontos foram considerados como impactantes na qualidade do conforto ambiental e iluminação natural deste edifício. Pode-se observar que as notas mais baixas (abaixo de 4) foram para. O resumo dos resultados encontra-se nas Tabelas 25 e 26.

Tabela 24 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 1 referente ao Nível II – Edifício do Diagrama Morfológico.

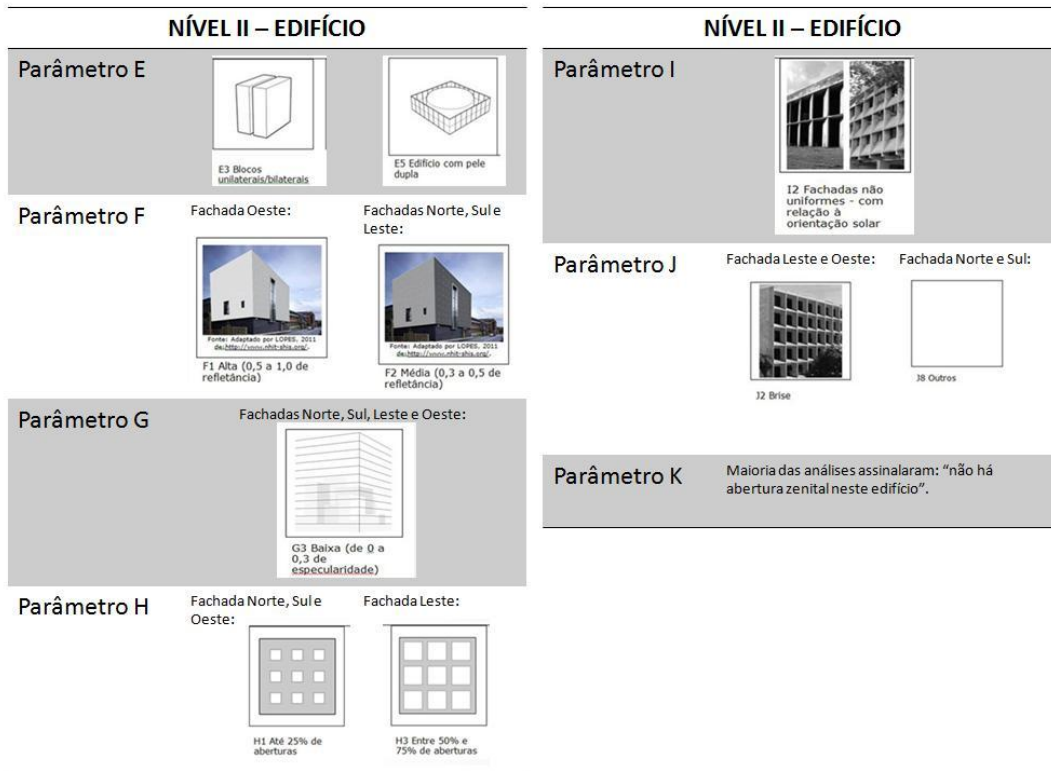


Tabela 25 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 1 referente ao Nível III – Edifício do Diagrama Morfológico.

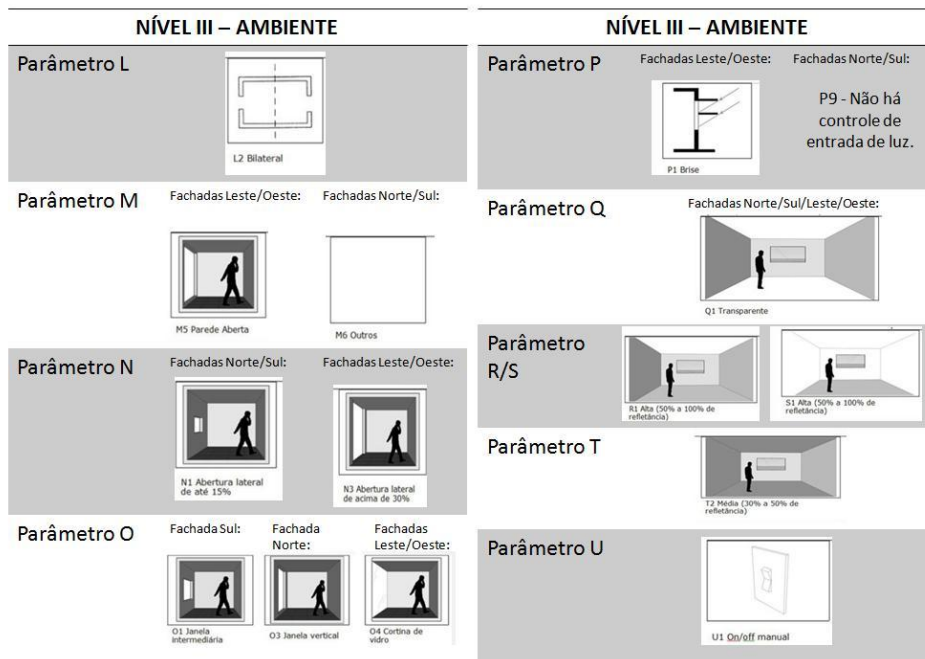


Tabela 26 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 1 referente aos três níveis do Diagrama Morfológico.

NÍVEL I - ESPAÇO URBANO						NÍVEL III - AMBIENTE					
PARÂMETROS	VARIÁVEIS MAIS DEMARCADAS	QUANTIDADE DE DEMARCAÇÕES	PERCENTUAL DE DEMARCAÇÕES DA VARIÁVEL	NOTA MÉDIA	NÚMERO DE PESSOAS QUE FIZERAM ANÁLISE DESTA VARIÁVEL	PARÂMETROS	VARIÁVEIS MAIS DEMARCADAS	QUANTIDADE DE DEMARCAÇÕES	PERCENTUAL DE DEMARCAÇÕES DA VARIÁVEL	NOTA MÉDIA	NÚMERO DE PESSOAS QUE FIZERAM ANÁLISE DESTA VARIÁVEL
A	A2	8	18,60%	5	43	L	L2	41	82,00%	4,97	50
	A7	28	65,12%	4,03	43	N	M5/L	36	75,00%	4,54	48
	A10	37	92,50%	3,45	43		M5/O	36	70,59%	3,54	50
B	B4/N	38	84,44%	4,96	45		M6/N	25	62,50%	4,33	40
	B4/S	37	82,22%	4,92	45	M6/S	22	62,86%	4	35	
	B4/L	35	77,78%	4,82	45	N	N1/N	17	56,67%	3,6	30
	B4/O	39	86,67%	4,53	45		N1/S	20	74,07%	3,22	27
C	C4/N	37	82,22%	5,04	45		N3/L	40	85,11%	4,39	47
	C4/S	36	80,00%	5,04	45	N3/O	35	74,47%	3,4	47	
	C4/L	34	73,91%	4,81	46	O	O1/S	7	43,75%	3,83	16
	C4/O	38	86,36%	4,96	44		O3/N	12	66,67%	4,16	18
D	D4/N	44	93,62%	3,45	47		O4/L	24	52,17%	4,43	46
	D4/S	44	93,62%	4,07	47	O4/O	25	52,08%	3,16	47	
	D4/L	42	91,30%	3,57	46	P	P1/L	36	72,00%	5,05	47
	D4/O	44	95,65%	2,61	46		P1/O	17	35,42%	5,06	44
E	E3	18	28,13%	5	47		P9/N	21	61,76%	0	33
	E5	19	29,69%	5	47		P9/S	20	66,67%	0	30
	F	F1/O	28	56,00%	3,54	50	Q	Q1/N e S	9	60,00%	5
F2/N		29	58,00%	4,56	50	Q1/L		39	81,25%	4,25	48
F2/S		26	54,17%	4,77	48	Q1/O		40	81,63%	3,52	49
F2/L		24	48,98%	4,57	49	R	R1	33	68,75%	4,68	48
G	G3/N e S	35	72,92%	5,14	48	S	S1	31	63,27%	4,46	49
	G3/L	22	45,83%	4,9	48	T	T2	36	72,00%	4,54	50
	G3/O	27	56,25%	5,03	48	U	U1	44	95,65%	4	46
H	H1/N	48	96,00%	4,32	50	LEGENDA: ■ Notas médias abaixo de 4 (aspecto negativo).					
	H1/S	47	94,00%	3,9	50						
	H1/O	32	64,00%	4,68	50						
	H3/L	30	60,00%	3,53	50						
I	I2	44	91,67%	5,05	48						
J	J2a/L	40	86,96%	5	46						
	J2a/O	17	80,95%	5	32						
	J8/N e S	20	43,47%	4	46						

4.3.5 Resultados das análises do Nível I – Espaço Urbano: EDIFÍCIO 2

• **PARÂMETRO A – DESENHO URBANO**

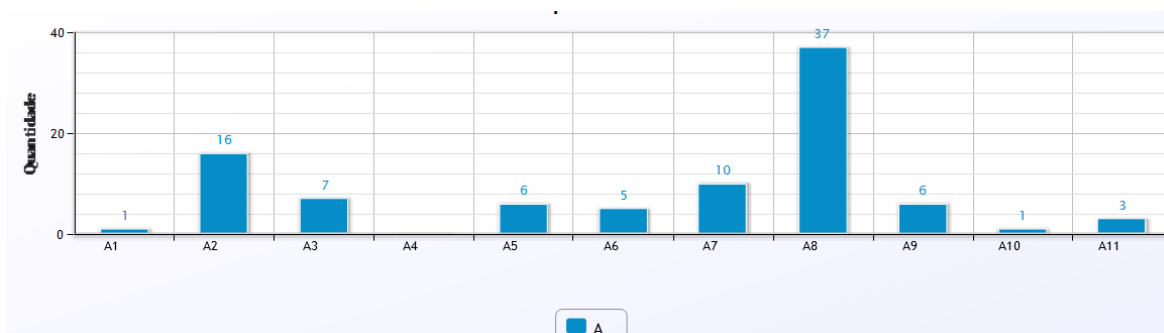
Do total de 50 alunos, 49 (98% do total) realizaram a análise destes parâmetros. Conforme demonstra o Gráfico 21, das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos ao Desenho Urbano do EDIFÍCIO 2, as variáveis mais demarcadas foram:

A2 – Grandes Quarteirões (com 16 demarcações, 35,56% do total e Nota média: 4,5),

A7 – Torre Isolada (com 10 demarcações, 22,22% do total e Nota média: 3,8) e,

A8 – Fachada Principal com orientação intermediária (com 37 demarcações, 78,72% do total e Nota média: 4,7).

Gráfico 21 – Demarcações das variáveis do Parâmetro A – Desenho Urbano Casa do Professor.



• **PARÂMETRO B – REFLETÂNCIA DAS FACHADAS EXTERNAS À EDIFICAÇÃO E PARÂMETRO C - ESPECULARIDADE DAS FACHADAS EXTERNAS À EDIFICAÇÃO**

Do total de 50 alunos, 49 (98% do total) realizaram a análise destes parâmetros. Conforme demonstram os Gráficos 22 e 23, das 50 análises realizadas a variável mais demarcada do Parâmetro B foi a **B4 – “Não há edificação no entorno”** para todas as fachadas (**Fachada Norte:** 27 demarcações, 55,10% do total e Nota média: 5,2; **Fachada Sul:** 24 demarcações, 48,98% do total e Nota média: 5,1; **Fachada Leste:** 31 demarcações, 63,27% do total e Nota média: 3,83. **Fachada Oeste:** 23 demarcações, 46,00% do total e Nota média: 4,33).

No Parâmetro C a variável mais demarcada foi a **C4 – “Não há edificação no entorno”** para todas as fachadas (**Fachada Norte:** 26 demarcações, 54,17% do total e Nota média: 5,1; **Fachada Sul:** 21 demarcações, 44,68% do total e Nota média: 5,3; **Fachada Leste:** 27 demarcações, 56,25% do total e Nota média: 5,3; **Fachada Oeste:** 18 demarcações, 38,30% do total e Nota média: 5,2).

Gráfico 22 – Demarcações das variáveis do Parâmetro B – Refletância das Fachadas Externas à Edificação e suas variáveis (B1 a B4).

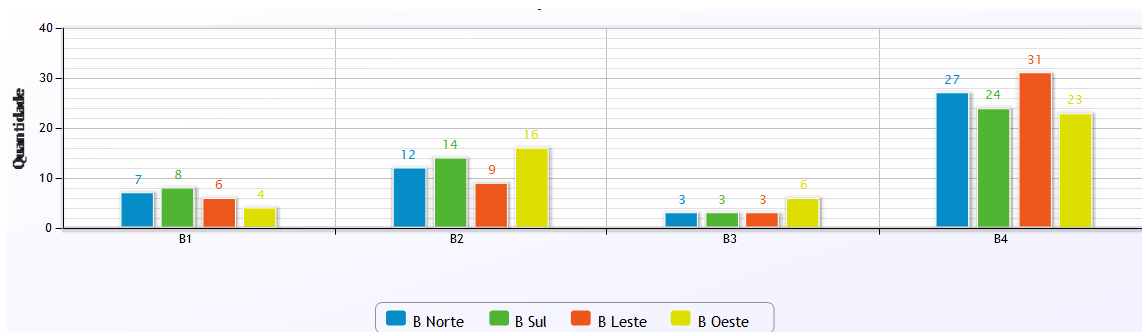
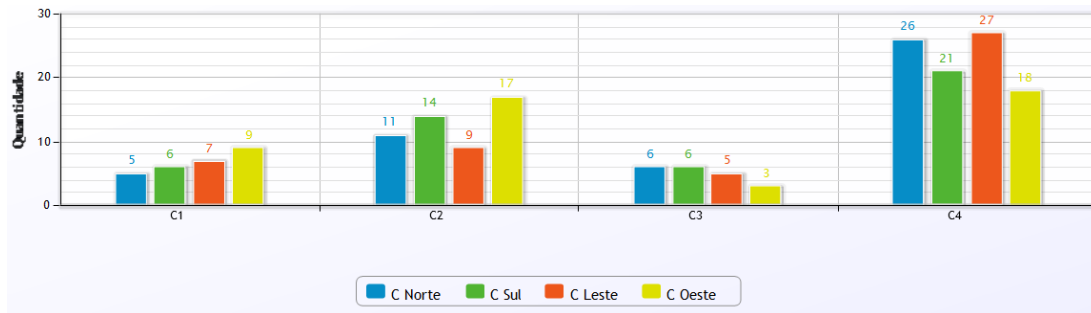


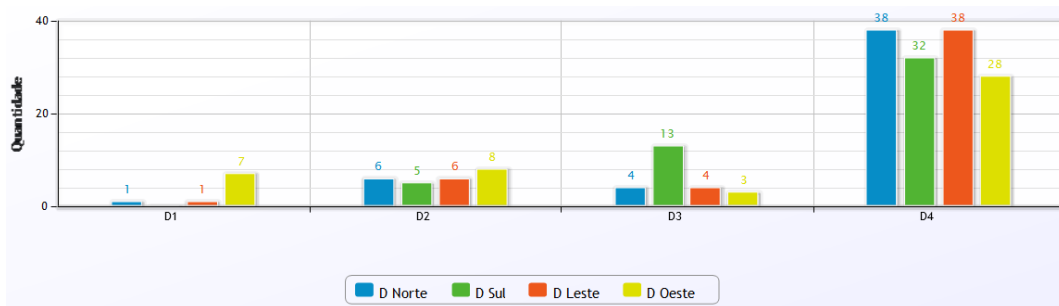
Gráfico 23 – Demarcações das variáveis do Parâmetro C – Especificidade das Fachadas Externas à Edificação e suas variáveis (B1 a B4).



• **PARÂMETRO D – ÂNGULO MÁXIMO DE INCIDÊNCIA DO SOL NA FACHADA DO EDIFÍCIO**

Conforme demonstra o Gráfico 24, das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos ao ângulo máximo de incidência do sol na fachada do edifício FIOCRUZ a variável mais demarcada foi a D4 - Ângulo de 90° (**Fachada Norte/Leste:** 38 demarcações, 77,55% do total e Nota média: 4,3; **Fachada Sul:** 32 demarcações, 64% do total e Nota média: 4,1; **Fachada Oeste:** 28 demarcações, 60,87% do total e Nota média: 3,6).

Gráfico 24 – Demarcações das variáveis do Parâmetro D – Ângulo Máximo de Incidência do Sol na Fachada do Edifício e suas variáveis (D1 a D4).



4.3.6 Resultados das análises do Nível II – Edifício: EDIFÍCIO 2

• **PARÂMETRO E – PLANTA BAIXA E FORMA**

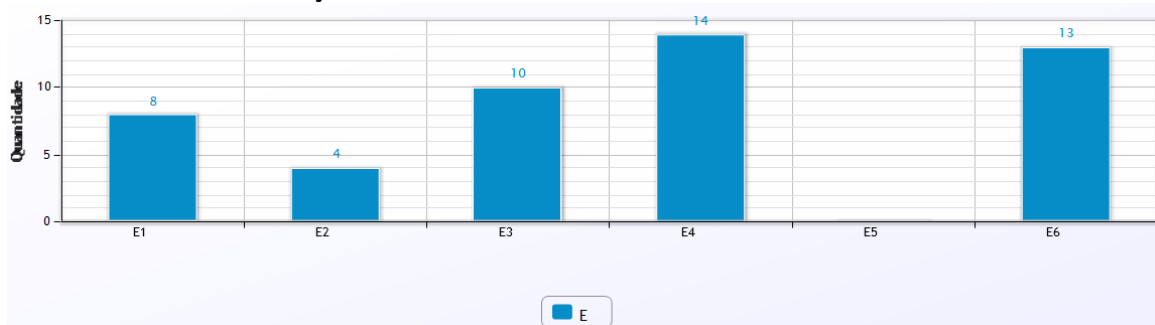
Do total de 50 alunos, 48 (96% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 25, das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos à planta baixa e forma da FIOCRUZ as variáveis mais demarcadas foram:

E3 – Blocos Unilaterais/Bilaterais (com 10 demarcações, 20,41% do total e Nota média: 4,7),

E4 – Edifício com Pátio Interno ou Átrio (com 14 demarcações, 28,57% do total e Nota média: 5)

e; E6 – Outros (com 13 demarcações, 26,53% do total e Nota média: 4).

Gráfico 25 – Demarcações das variáveis do Parâmetro E – Planta Baixa e Forma – EDIFÍCIO 2.



• PARÂMETRO F – REFLETÂNCIA DAS FACHADAS DO EDIFÍCIO ANALISADO E PARÂMETRO G - ESPECULARIDADE DAS FACHADAS DO EDIFÍCIO ANALISADO

Do total de 50 alunos, 49 (98% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 26, das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos à Refletância e Especularidade das Fachadas do Edifício analisado (FIOCRUZ) as variáveis mais demarcadas foram:

F2 – Refletância Média (**Fachada Norte/Sul:** 25 demarcações, 50% do total e Nota média: 3,9; **Fachada Leste:** 27 demarcações, 56,25% do total e Nota média: 5,3; **Fachada Oeste:** 28 demarcações, 58,33% do total e Nota média: 4) e;

G2 – Especularidade Média (**Fachada Norte:** 23 demarcações, 48,94% do total e Nota média: 4; **Fachada Sul:** 26 demarcações, 52% do total e Nota média: 4; **Fachada Leste:** 24 demarcações, 50% do total e Nota média: 4; **Fachada Oeste:** 25 demarcações, 51,02% do total e Nota média: 4).

Gráfico 26 – Demarcações das variáveis do Parâmetro F – Refletância das Fachadas do Edifício Analisado e Parâmetro G - Especularidade das Fachadas do Edifício Analisado



• PARÂMETRO H - TAXA DE ABERTURA NAS FACHADAS

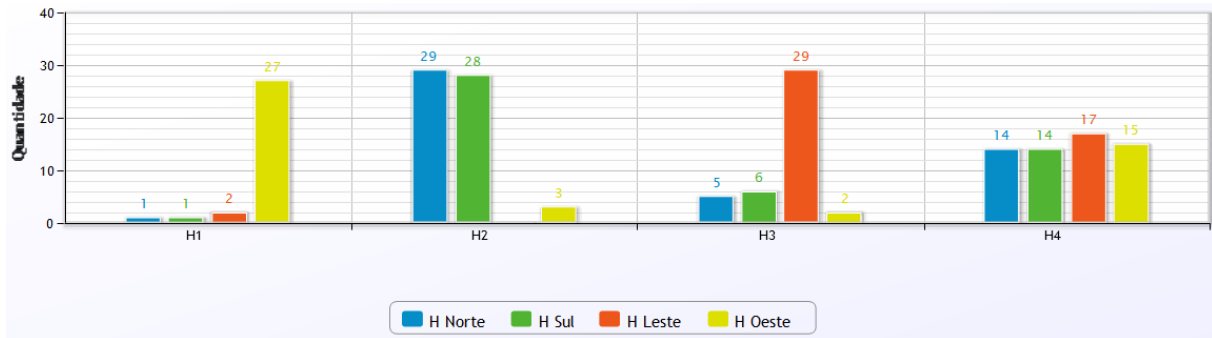
Do total de 50 alunos, 48 (96% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 27, das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos à Taxa de Abertura nas Fachadas do Edifício analisado (FIOCRUZ) as variáveis mais demarcadas foram:

H1 – Até 25% de aberturas na Fachada Oeste (com 27 demarcações, 57,45% do total e Nota média: 4,5),

H2 – Entre 25% e 50% de aberturas Fachadas Norte e Sul e;

H3 - Entre 50% e 75% de aberturas na Fachada Leste.

Gráfico 27 – Demarcações das variáveis do Parâmetro H – Taxa de Abertura nas Fachadas



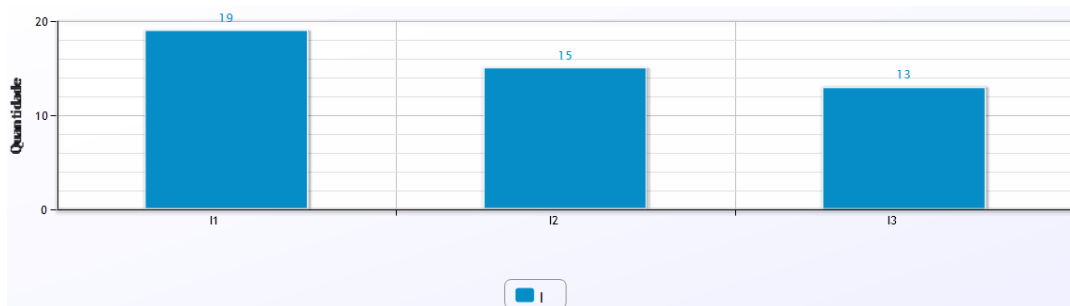
• **PARÂMETRO I - DISTRIBUIÇÃO DAS ABERTURAS NAS FACHADAS**

Do total de 50 alunos, 47 (94% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 28, das 50 análises realizadas referentes aos aspectos relativos de Distribuição das Aberturas nas Fachadas do edifício analisado (FIOCRUZ) as variáveis mais demarcadas foram:

11 Fachadas Uniformes (com 19 demarcações, 40,43% do total e Nota média: 3,4) e;

12 – Fachadas não Uniformes – com relação à orientação solar (com 15 demarcações, 31,91% do total e Nota média: 4,2).

Gráfico 28 – Demarcações das variáveis do Parâmetro I – Distribuição das Aberturas nas Fachadas



• **PARÂMETRO J - PROTEÇÕES SOLARES NAS FACHADAS E PARÂMETRO K - ABERTURAS ZENITAIS**

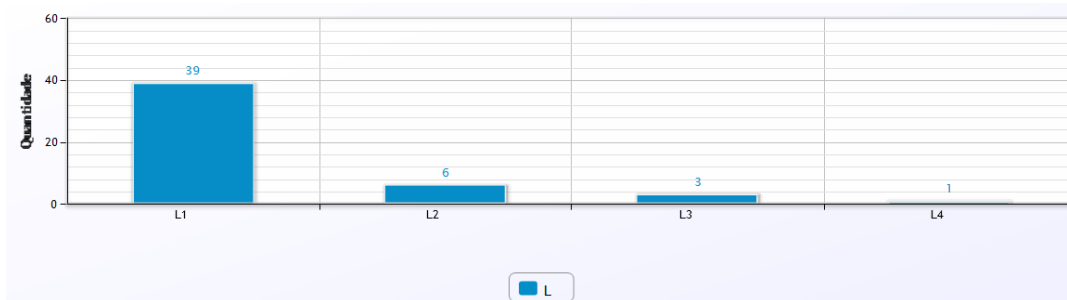
Do total de 50 alunos, 48 (96% do total) realizaram a análise destes parâmetros. Com relação a estes parâmetros a variável mais demarcada foi de que **não existem proteções solares nas fachadas e nem aberturas zenitais nesse edifício**.

4.3.7 Resultados das análises do Nível III – Ambiente: EDIFÍCIO 2.

• **PARÂMETRO L – PLANTA BAIXA**

Do total de 50 alunos, 49 (98% do total) realizaram a análise destes parâmetros. Conforme demonstra o Gráfico 29, das 50 análises realizadas referente ao aspecto relativo à planta baixa do FIOCRUZ a variável mais demarcada foi a L1 – Unilateral (com 39 demarcações, 59,79% do total e Nota média: 3,9).

Gráfico 29 – Demarcações das variáveis do Parâmetro L – Planta Baixa – EDIFÍCIO 2.



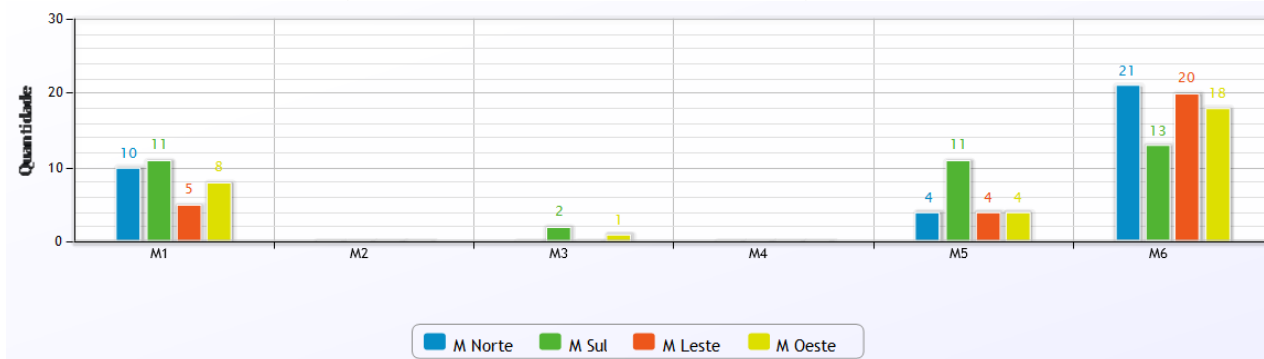
• PARÂMETRO M- POSIÇÃO DO COLETOR DE LUZ

Do total de 50 alunos, 35 (70% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 30, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo à Posição do Coletor de Luz do FIOCRUZ as variáveis mais demarcadas foram:

M1 – Centro do Plano Lateral (**Fachada Norte:** 10 demarcações, **Fachada Sul:** 11 demarcações, **Fachada Leste:** 5 demarcações e **Fachada Oeste:** 8 demarcações) e;

M6 – Outros (**Fachada Norte:** 21 demarcações, **Fachada Sul:** 13 demarcações, **Fachada Leste:** 20 demarcações e **Fachada Oeste:** 18 demarcações).

Gráfico 30 – Demarcações das variáveis do Parâmetro M – Posição do Coletor de Luz - EDIFÍCIO 2.

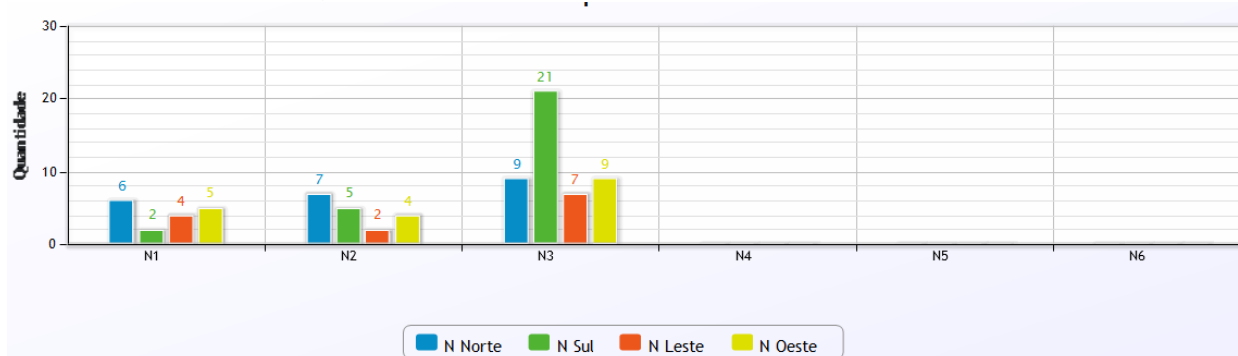


• PARÂMETRO N- DIMENSÃO DO COLETOR DE LUZ

Do total de 50 alunos, 28 (56% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 31, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo à Dimensão do Coletor de Luz da Casa do Professor as variáveis mais demarcadas foram:

N3 – Abertura lateral de acima de 30%, (**Fachada Norte:** 9 demarcações, **Fachada Sul:** 21 demarcações, **Fachada Leste:** 7 demarcações e **Fachada Oeste:** 9 demarcações).

Gráfico 31 – Demarcações das variáveis do Parâmetro N – Dimensão do Coletor de Luz – EDIFÍCIO 2.



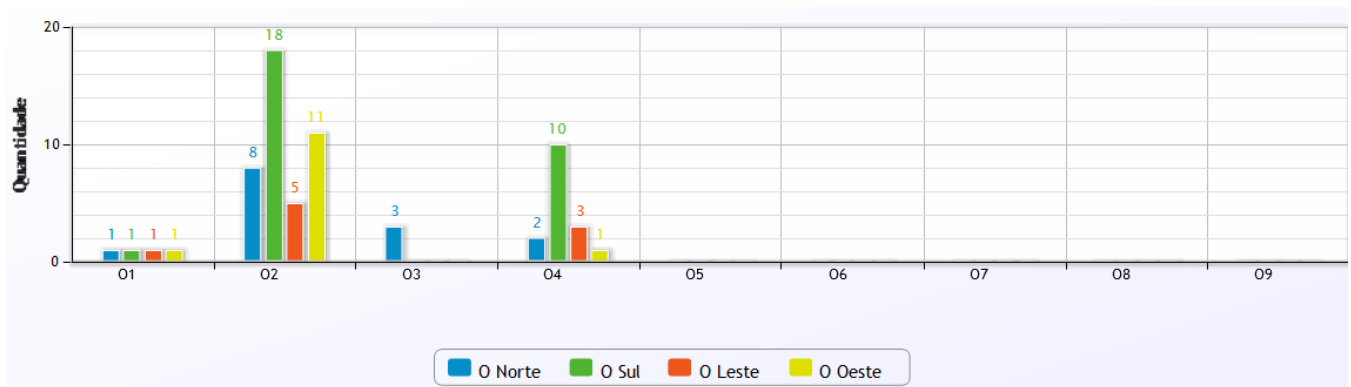
• **PARÂMETRO O – FORMA DO COLETOR DE LUZ**

Do total de 50 alunos, 13 (26% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 32, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo à Forma do Coletor de Luz da Casa do Professor as variáveis mais demarcadas foram:

O2 – Janela horizontal (**Fachada Norte:** com 8 demarcações, **Fachada Sul:** com 18 demarcações, **Fachada Leste:** com 5 demarcações e **Fachada Oeste:** com 11 demarcações,);

O4 – Cortina de vidro (**Fachada Sul:** com 10 demarcações).

Gráfico 32 – Demarcações das variáveis do Parâmetro O – Forma do Coletor de Luz - EDIFÍCIO 2.



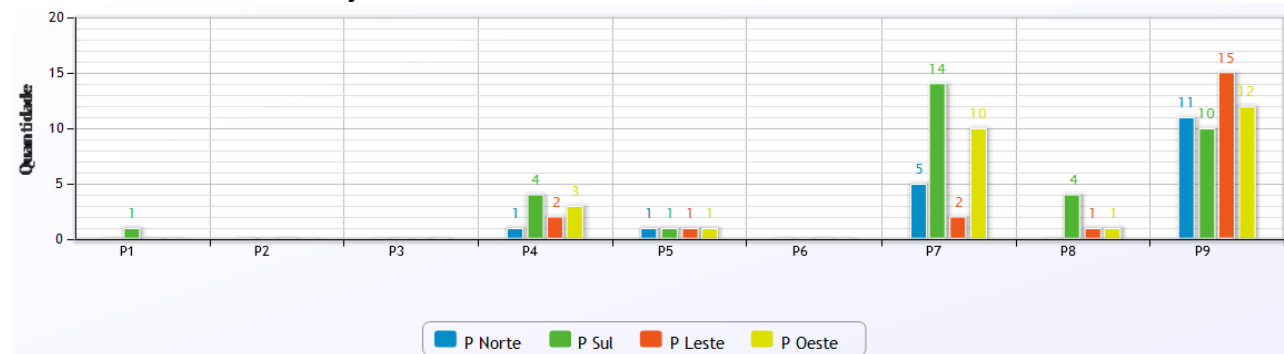
• **PARÂMETRO P – CONTROLE DE ENTRADA DE LUZ**

Do total de 50 alunos, 33 (66% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 33, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo ao Controle da Entrada de Luz da Casa do Professor as variáveis mais demarcadas foram:

P7 – Cortina ou Persiana (**Fachada Sul:** com 14 demarcações e **Fachada Oeste:** com 10 demarcações);

P9 – Não há controle de entrada de lua (**Fachada Norte:** 11 demarcações, **Fachada Sul:** 10 demarcações, **Fachada Leste:** 15 demarcações e **Fachada Oeste:** 12 demarcações).

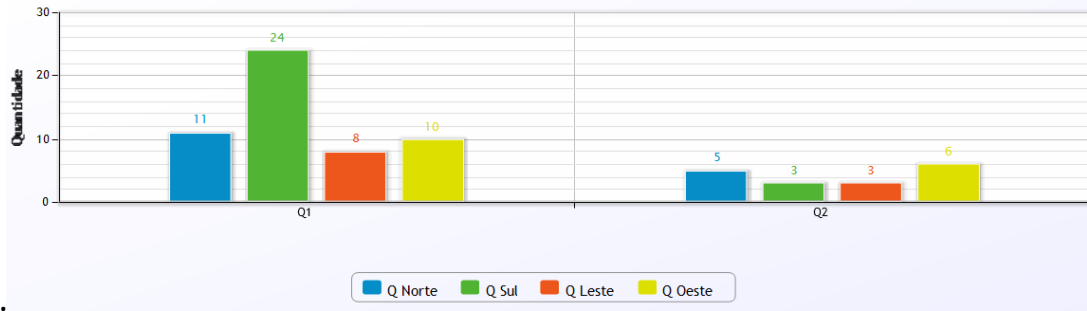
Gráfico 33 – Demarcações das variáveis do Parâmetro P – Controle da Entrada de Luz - EDIFÍCIO 2.



• **PARÂMETRO Q – TIPO DE ENVIDRAÇADO, PARÂMETRO R – REFLETÂNCIA DO TETO PARÂMETRO, S- REFLETÂNCIA DAS PAREDES E PARÂMETRO T – REFLETÂNCIA DO PISO**

Do total de 50 alunos, 16 (32% do total) realizaram a análise deste parâmetro. Conforme demonstra o Gráfico 34, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo ao Tipo de Envidraçado da Casa do Professor a variável mais demarcada foi a Q1 – Transparente.

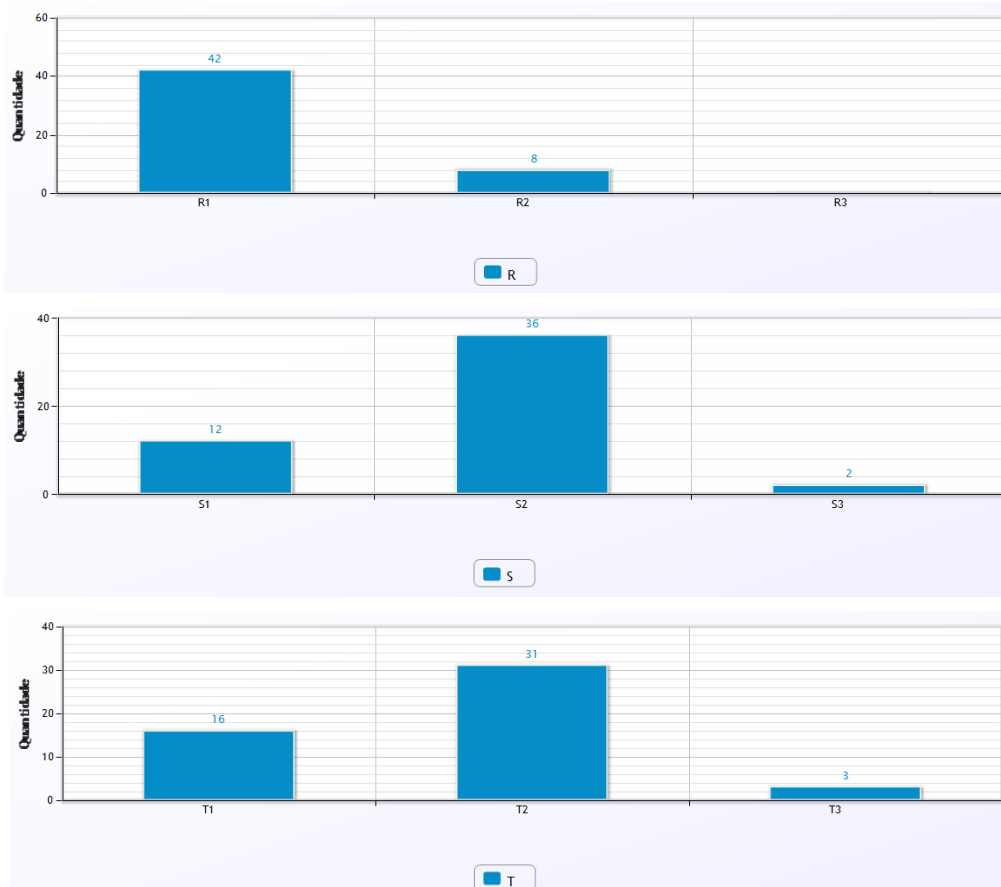
Gráfico 34 – Demarcações das variáveis do Parâmetro Tipo de



Envidraçado.

Todos os alunos realizaram análise destes parâmetros. Conforme demonstra o Gráfico 35, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo à Refletância do Teto, das Paredes e do Piso do EDIFÍCIO 2, as variáveis mais demarcadas foram: R1– Refletância Alta (com 42 demarcações); S1 – Refletância Alta (com 36 demarcações) e T2 – Refletância Média (com 31 demarcações).

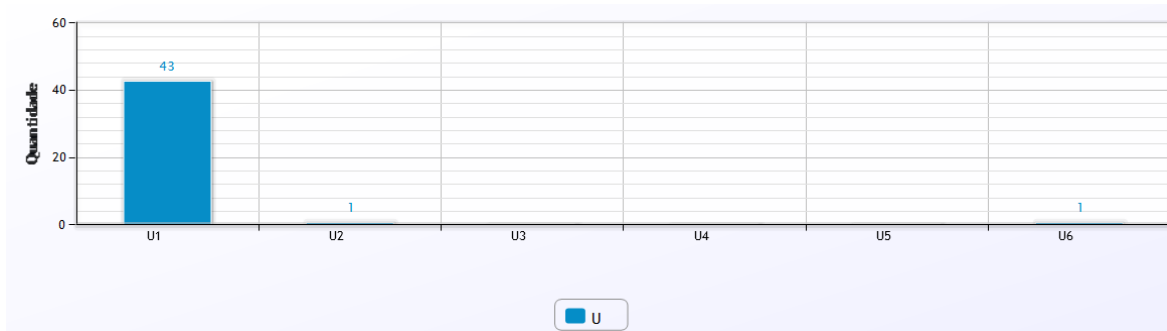
Gráfico 35 – Parâmetro U – Controle e Integração da Iluminação Artificial e suas variáveis (U1 a U6).



• **PARÂMETRO U – CONTROLE E INTEGRAÇÃO DA ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL**

Do total de 50 alunos, 45 (90% do total) realizaram a análise deste parâmetro.

Gráfico 36 – Demarcações das variáveis do Parâmetro U – Controle e Integração da Iluminação Artificial



Conforme demonstra o Gráfico 36, das 50 análises realizadas referentes ao aspecto relativo ao Controle e Integração da Iluminação Artificial as variáveis mais demarcadas foi a U1– On/off manual (com 44 demarcações).

4.3.8 Resultado Final das Análises do EDIFÍCIO 2

RESULTADOS FINAIS DAS ANÁLISES DO NÍVEL I: De acordo com as demarcações dos parâmetros do Nível I – Espaço Urbano (Tabelas 27 e 30), no aspecto relativo ao desenho urbano, as análises realizadas pelos alunos do Edifício 2 demonstram que este está inserido em **Grandes Quarteirões (A2)**, além disso, no aspecto relativo à orientação da fachada em relação ao sol esta edificação se configura como um **Edifício com Orientação Intermediária da Fachada Principal (A8)**.

Quanto à refletância e especularidade das fachadas externas à edificação, os resultados demonstraram que o Edifício 2 **não possui edificação no entorno de nenhuma das fachadas (Norte, Sul, Leste e Oeste)**. Quanto aos aspectos relativos ao ângulo máximo de incidência do sol na fachada, este edifício apresenta **Ângulo de 90° (D4)**, isto é, nenhum edifício vizinho faz sombra no edifício analisado.

Com relação à avaliação destas demarcações observa-se que as notas médias dadas a estes parâmetros para este edifício foram relativamente positivas, a maioria dos alunos deram notas acima de 4 para as variáveis, apenas a variável D4/O (Ângulo de 90° na fachada Oeste) apresenta nota abaixo de 4: **D4/O (nota 3,6)**. O que implica em dizer que para os alunos estes parâmetros não têm impactos negativos quanto ao conforto ambiental e iluminação natural deste edifício. Pode-se observar que as notas mais baixas foram para a variável. O resumo dos resultados encontra-se nas Tabelas 27 e 30.

Tabela 27 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 2 referente ao Nível I – Espaço Urbano do Diagrama Morfológico.

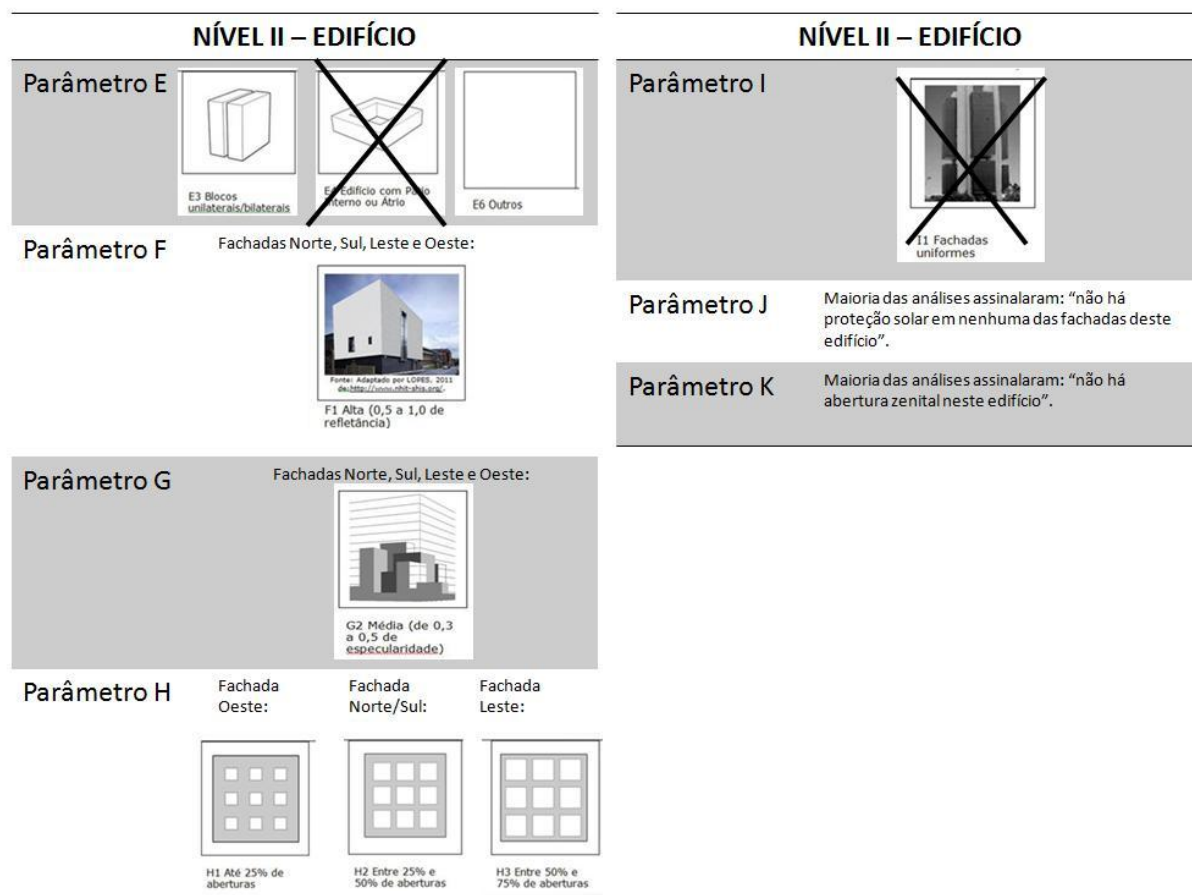
NÍVEL I – ESPAÇO URBANO	
Parâmetro A	<p>A2 Grandes quarteirões</p> <p>A7 Torre isolada</p> <p>A8 Fachada principal com orientação intermediária</p>
Parâmetro B	Variáveis B Norte, B Sul, B Leste e B Oeste: Não há edificação no entorno
Parâmetro C	Variáveis C Norte, C Sul, C Leste e C Oeste: Não há edificação no entorno
Parâmetro D	<p>D4 Ângulo de 90°</p>

RESULTADOS FINAIS DAS ANÁLISES DO NÍVEL II: De acordo com as análises dos resultados das demarcações dos parâmetros do Nível II – Edifício (Tabelas 28 e 30), no aspecto relativo à planta baixa e forma, o Edifício 2 se configura como um **Edifício com Pátio Interno ou Átrio (E4)**; no entanto, esta análise foi equivocada, pois ele é um **Bloco Unilateral/Bilateral (E3)**. Esta variável também foi bem demarcada como pode ser observado na Tabela 22. Com relação à refletância e especularidade ele apresenta **Média Refletância e Especularidade de suas Fachadas (F2 e G2)**, possui até **25% de abertura na fachada Oeste (H1)**, entre **25% a 50% de abertura nas fachadas Norte e Sul (H2)** e entre **50% e 75% de aberturas na fachada Leste (H3)**.

No aspecto Distribuição das Aberturas nas Fachadas o mesmo se configura como um edifício com **Fachadas Uniformes (I1)**, e **não apresenta nenhum tipo de proteção solar (J) e nem abertura zenital (k)**. No entanto, houve um equívoco na demarcação do parâmetro I, que não é fachada uniforme e sim I2 e I3 fachada não uniforme com relação à orientação solar e ao espaço urbano.

Com relação à avaliação destas demarcações observa-se que as notas médias dadas a estes parâmetros para este edifício foram relativamente negativas; a maioria dos alunos deram notas abaixo de 4 para muitas das variáveis, a saber: **F2/N (Refletância Alta na fachada norte)**, **H2/Norte e Sul (Taxa de abertura entre 50% e 75% nas fachadas Norte e Sul)** e **I1 (Fachadas uniformes)** apresentaram nota abaixo de 4: **F2/N (nota 3,9)**, e **H2/N e S (nota 3,9 e 4)** e **I1 (3,4)**. Neste nível, observou-se que houve um número maior de notas abaixo de 4, o que implica em dizer, que de maneira geral, para os alunos estes parâmetros apresentaram impactos negativos quanto ao conforto ambiental e iluminação natural deste edifício, principalmente ao fato de taxa de abertura ser elevada, não possuir proteção solar. O resumo dos resultados encontra-se nas Tabelas 28 e 30.

Tabela 28 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 2 referente ao Nível II – Edifício do Diagrama Morfológico.



RESULTADOS FINAIS DAS ANÁLISES DO NÍVEL III: De acordo com as demarcações dos parâmetros do Nível III – Ambiente (Tabelas 29 e 30), no aspecto relativo à planta baixa, o Edifício 2 se configura como um **Edifício Unilateral (L1)**. Com relação à Posição do Coletor de Luz ele foi classificado como **Outros (M6) para todas as fachadas**. Quanto à Dimensão do Coletor de Luz tem **aberturas laterais acima de 30% em todas as fachadas**. **Apresenta janela horizontal (O2) em todas as fachadas**. Quanto ao parâmetro Controle da Entrada de Luz o edifício analisado possui **Cortina e Persiana (P7) na Fachada Sul e nas Fachadas Norte/Leste/Oeste não apresenta controle da entrada de luz (P9)**. O tipo de envidraçado é **Transparente (Q1)**, a **Refletância do Piso e das Paredes é Alta (R1/S1) e do Teto é Média (T2)**. O Controle e Integração da Iluminação Artificial é **on/off manual (U1)**.

Tabela 29 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 2 referente ao Nível III – Ambiente do Diagrama Morfológico.

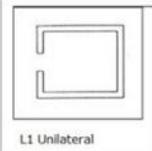


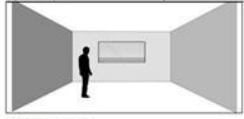

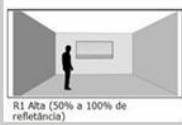



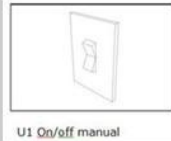
NÍVEL III – AMBIENTE		NÍVEL III – AMBIENTE	
<p>Parâmetro L</p>  <p>L1 Unilateral</p>		<p>Parâmetro P</p> <p>Fachadas Sul:</p>  <p>P7 Cortina ou persiana</p> <p>Fachadas Norte/Leste/Oeste:</p> <p>P9 - Não há controle de entrada de luz.</p>	
<p>Parâmetro M</p> <p>Fachadas Norte/Sul/Leste/Oeste:</p>  <p>M6 Outros</p>		<p>Parâmetro Q</p> <p>Fachadas Norte/Sul/Leste/Oeste:</p>  <p>Q1 Transparente</p>	
<p>Parâmetro N</p> <p>Fachadas Norte/Sul/Leste/Oeste:</p>  <p>N3 Abertura lateral de acima de 30%</p>		<p>Parâmetro R/S</p>  <p>R1 Alta (50% a 100% de refletância)</p>  <p>S1 Alta (50% a 100% de refletância)</p>	
<p>Parâmetro O</p> <p>Fachada Norte/Sul/Leste/Oeste:</p>  <p>O2 Janela horizontal</p>		<p>Parâmetro T</p>  <p>T2 Média (30% a 50% de refletância)</p>	
		<p>Parâmetro U</p>  <p>U1 On/off manual</p>	

Tabela 30 - Resultado Final das análises realizadas pelos alunos do Edifício 2 referente aos três níveis do Diagrama Morfológico.

NÍVEL I - ESPAÇO URBANO						NÍVEL III - AMBIENTE						
PARÂMETROS	VARIÁVEIS MAIS DEMARCADAS	QUANTIDADE DE DEMARCAÇÕES	PERCENTUAL DE DEMARCAÇÕES DA VARIÁVEL	NOTA MÉDIA	NÚMERO DE PESSOAS QUE FIZERAM ANÁLISE DESTA VARIÁVEL	PARÂMETROS	VARIÁVEIS MAIS DEMARCADAS	QUANTIDADE DE DEMARCAÇÕES	PERCENTUAL DE DEMARCAÇÕES DA VARIÁVEL	NOTA MÉDIA	NÚMERO DE PESSOAS QUE FIZERAM ANÁLISE DESTA VARIÁVEL	
A	A2	16	35,56%	4,5	49	L	L1	39	79,59%	3,9	49	
	A7	10	22,22%	3,8	49	M	M6/N	21	60,00%	3,7	35	
	A8	37	78,72%	4,7	49		M6/S	13	35,14%	3,3	37	
B	B4/N	27	55,10%	5,2	49		M6/L	20	68,97%	3,5	29	
	B4/S	24	48,98%	5,1	49	M6/O	18	58,06%	4,2	31		
	B4/L	31	63,27%	5,1	49	N	N3/N	9	40,91%	5	22	
	B4/O	23	46,94%	5,2	49		N3/S	21	75,00%	3,3	28	
C	C4/N	26	54,17%	5,1	48		N3/L	7	53,85%	3,4	13	
	C4/S	21	44,68%	5,3	47	N3/O	9	50,00%	3,3	18		
	C4/L	27	56,25%	5,3	48	O	O2/N	8	57,14%	4	13	
	C4/O	18	38,30%	5,2	46		O2/S	18	62,07%	4,1	28	
D	D4/N	38	77,55%	4,3	49		O2/L	5	55,56%	4,4	9	
	D4/S	32	64,00%	4,1	49	O2/O	11	84,62%	3,5	13		
	D4/L	38	77,55%	4,6	49	P	P7/S	14	41,18%	3,8	33	
	D4/O	28	60,87%	3,6	46		P9/N	11	61,11%	0	18	
E	E4	14	28,57%	5	48		P9/L	15	71,43%	0	21	
	E6	13	26,53%	4	48	P9/O	12	44,44%	0	23		
	F	F2/N	25	50,00%	3,9	49	Q	Q1/N	11	68,75%	3,8	16
		F2/S	25	50,00%	4	49		Q1/S	24	88,89%	3,4	27
F2/L		27	56,25%	4,1	48	Q1/L		8	72,73%	3	11	
F2/O		28	58,33%	4	48	Q1/O		10	62,50%	2,8	16	
G	G2/N	23	48,94%	4	47	R	R1	42	84,00%	4,4	50	
	G2/S	26	52,00%	4	49	S	S2	36	72,00%	4,5	50	
	G2/L	24	50,00%	4	48	T	T2	31	62,00%	4,4	50	
	G2/O	25	51,02%	4	49	U	U1	43	95,56%	3,7	45	
H	H1/O	27	57,45%	4,5	49	LEGENDA: ■ Notas médias abaixo de 4 (aspecto negativo).						
	H2/N	29	59,18%	4	49							
	H2/S	28	57,14%	3,9	48							
	H3/L	29	60,42%	3,8	47							
I	I1	19	40,43%	3,4	47							

4.3.9 Comparação das respostas dos alunos com a análise de referência

As demarcações em verde na Tabela 31 significam que as respostas dos alunos estão coerentes com a referência. As que estão em vermelho estão incoerentes. Dessa forma, é possível perceber que no Nível I – Espaço Urbano, não houve nenhuma controvérsia nas respostas, de onde se deduz que estes parâmetros estão claros, objetivos e são de fácil entendimento.

Quanto ao Nível II – Edifício (Tabela 31), percebe-se que o parâmetro E – Planta Baixa e Forma não foi entendido facilmente, pois nos dois edifícios analisados houve demarcação equivocada. No Edifício 1 a variável mais demarcada foi a E5 – Edifício com Pele Dupla, e o mais apropriado seria a variável E3 – Blocos Unilaterais/Bilaterais. O mesmo ocorreu com as demarcações do Edifício 2, onde a maioria das demarcações foi de E4 – Edifício com Pátio Interno ou Átrio, e a resposta adequada também seria a variável E3 – Blocos Unilaterais/Bilaterais.

No parâmetro F - Refletância das Fachadas do Edifício Analisado nota-se que no Edifício 1 houve uma demarcação errada; de acordo com as respostas dadas pelos alunos a fachada oeste tem refletância alta (F1), o que se entende que seja equivocado, pois ela apresenta elementos de fachada na cor branca e na cor de cinza claro (concreto aparente). A demarcação correta para essa fachada seria a F2 – Refletância Média, como as demais fachadas.

No parâmetro I – Distribuição das Aberturas nas Fachadas - também houve um equivoco nas respostas dadas ao Edifício 2, pois a variável mais demarcada foi a I1 – Fachadas Uniformes, o que é errado, já que cada fachada tem aspectos diferentes, por exemplo, quanto à taxa de abertura. As respostas corretas para este parâmetro seria a I2 – Fachadas não Uniformes com relação à orientação solar e a I3- Fachadas não Uniformes com Relação ao Espaço Urbano. A I2 se justifica pelo fato de nenhuma fachada se igual à outra, mesmo que em nenhuma tenha proteção solar. É possível perceber que a fachada que tem maior taxa de abertura (Fachada Sudeste com 47,60% de abertura) é a que recebe o sol da manhã.

O Nível III – Ambiente - foi o que apresentou o maior número de equívocos, porque houve uma confusão ao demarcar as variáveis. Os alunos deveriam avaliar apenas o ambiente nessa etapa da análise, e a maioria continuou analisando o edifício como um todo. No entanto, se a análise fosse do edifício as variáveis demarcadas estariam corretas.

É possível verificar esse problema (Tabela 31), nas respostas apresentadas aos parâmetros M – Posição do Coletor de Luz, N – Dimensão do Coletor de Luz, O – Forma do Coletor de Luz, P – Controle da Entrada de Luz e Q – Tipo de Envidraçado: os alunos apresentaram análise para as aberturas das fachadas do edifício (Norte, Sul, Leste e Oeste) quando o correto era fazer a análise referente à orientação da fachada que tinha abertura. Um exemplo disso é o Café (ambiente analisado no Edifício 1), que possui abertura em duas das fachadas – Leste e Oeste. Nesse caso, as análises referentes a este ambiente deveriam ter sido apenas destas duas fachadas, não devendo ser realizada a análise da fachada Norte e Sul, como aconteceu.

Acredita-se que a forma como as variáveis foram apresentadas no programa tenha interferido diretamente nesse problema; no entanto, a correção disso é relativamente fácil, basta o avaliador selecionar a orientação da(s) abertura(s) do ambiente analisado e só depois abrir um link com as variáveis para esta(s) orientação (ões).

Assim, as informações das análises dos dois edifícios relativas às demarcações dos três níveis do Diagrama Morfológico encontram-se organizadas na Tabela 31.

Tabela 31 – Comparação das respostas das análises dos dois edifícios realizadas pelos alunos com as respostas da análise de referência.

NÍVEL I - ESPAÇO URBANO				
PARÂMETROS	VARIÁVEIS MAIS DEMARCADAS EDIFÍCIO 1	ANÁLISE DE REFERÊNCIA EDIFÍCIO 1	VARIÁVEIS MAIS DEMARCADAS EDIFÍCIO 2	ANÁLISE DE REFERÊNCIA EDIFÍCIO 2
A	A2		A2	
	A7		A7	
	A10		A8	
B	B4/N		B4/N	
	B4/S		B4/S	
	B4/L		B4/L	
	B4/O		B4/O	
C	C4/N		C4/N	
	C4/S		C4/S	
	C4/L		C4/L	
	C4/O		C4/O	
D	D4/N		D4/N	
	D4/S		D4/S	
	D4/L		D4/L	
	D4/O		D4/O	

NÍVEL II - EDIFÍCIO				
PARÂMETROS	VARIÁVEIS MAIS DEMARCADAS EDIFÍCIO 1	ANÁLISE DE REFERÊNCIA EDIFÍCIO 1	VARIÁVEIS MAIS DEMARCADAS EDIFÍCIO 2	ANÁLISE DE REFERÊNCIA EDIFÍCIO 2
E	E5	E3	E4	E3
F	F1/O	F2	F2/N	
	F2/N		F2/S	
	F2/S		F2/L	
	F2/L		F2/O	
G	G3/N		G2/N	
	G3/S		G2/S	G1/S
	G3/L		G2/L	
	G3/O		G2/O	
H	H1/N	0,00%	H1/O	10,70%
	H1/S	8,00%	H2/N	44,90%
	H1/O	13,10%	H2/S	47,60%
	H3/L	76,19%	H3/L	70,70%
I	I2		I1	I2/I3
J	J2a/L		Não tem	
	J2a/O		Não tem	
	J8/N e S		Não tem	
K	Não tem		Não tem	

NÍVEL III - AMBIENTE				
PARÂMETROS	VARIÁVEIS MAIS DEMARCADAS EDIFÍCIO 1	ANÁLISE DE REFERÊNCIA EDIFÍCIO 1	VARIÁVEIS MAIS DEMARCADAS EDIFÍCIO 2	ANÁLISE DE REFERÊNCIA EDIFÍCIO 2
L	L2		L1	
M	M5/L		M6/N	
	M5/O		M6/S	
	M6/N		M6/L	
	M6/S		M6/O	
N	N1/N	0,00%	N3/N	
	N1/S	8,00%	N3/S	
	N3/L	76,19%	N3/L	
	N3/O	13,10%	N3/O	
O	O1/S		O2/N	
	O3/N		O2/S	
	O4/L		O2/L	
P	O4/O		O2/O	
	P1/L		P7/S	
	P1/O		P9/N	
Q	P9/N		P9/L	
	P9/S		P9/O	
	Q1/N		Q1/N	
	Q1/S		Q1/S	
R	Q1/L		Q1/L	
	Q1/O		Q1/O	
R	R1		R1	
S	S1		S2	
T	T2		T2	
U	U1		U1	

LEGENDA:

- Respostas coerentes com a referência.
- Respostas incoerentes com a referência.

Apesar de apresentar alguns pontos que podem e devem ser melhorados (Nível II – Edifício: Parâmetro E – Planta Baixa e Forma e I – Distribuição das Aberturas nas Fachadas; Nível III – Ambiente: adequações na forma de apresentar as opções de escolha das variáveis dos Parâmetros M – Posição do Coletor de Luz, N – Dimensão do Coletor de Luz, O – Forma do Coletor de Luz, P – Controle da Entrada de Luz e Q – Tipo de Envidraçado) o método do Diagrama Morfológico se mostrou eficiente e fidedigno em suas análises, podendo ser utilizado como método de análise e projeto com foco no conforto ambiental e ênfase na iluminação natural.

4.3.10 Resultados Finais das Aplicações de Outros Métodos aos EDIFÍCIOS 1 e 2

Pautado nos trabalhos de Marchis et al (2011) e Amorim et al (2011) apresenta-se a seguir os resultados finais das análises realizadas nos Edifícios 1 e 2 com os seguintes métodos: Diagrama Morfológico (antes de ser aprimorado), Medições de iluminação *in loco*, Avaliação do Nível de Eficiência Energética da Envoltória por meio do RTQ – C e Simulações Computacionais de Iluminação natural.

A aplicação destes métodos para a análises de edifícios proporcionam resultados diferentes, que quando combinados, podem demonstrar a relação entre a qualidade do espaço construído em termos de conforto ambiental e iluminação natural e os potenciais de aproveitamento desta iluminação.

De acordo com Marchis et al (2011) e Amorim et al (2011) as aplicações realizadas com estes métodos apontam que os resultados foram similares tanto para o Edifício 1 quanto para o Edifício 2.

Com relação aos resultados das aplicações do Diagrama Morfológico (antes de passar pelo aprimoramento) e as medições de iluminação *in loco* ao **Edifício 1** foi possível verificar os seguintes aspectos:

“Foi possível identificar um ponto negativo com relação ao parâmetro Desenho Urbano: as fachadas principais deste edifício estão orientadas no sentido Leste-Oeste”. No entanto, foram identificados vários pontos positivos quanto ao aproveitamento da iluminação natural no Nível II – Edifício e Nível III – Ambiente.

Com relação ao nível II, cinco elementos foram identificados como positivos: a taxa de abertura para o exterior (em torno de 25% a 50%), a distribuição das aberturas, as proteções solares das fachadas, o tratamento não uniforme das fachadas (as fachadas com orientação desfavorável receberam proteções e materiais construtivos distintos) e a forma linear da planta baixa com ambientes pouco profundos.

No nível III, foram identificados três elementos significativos para a qualidade da iluminação natural: a posição, a área e a forma do coletor de luz. No café (ambiente analisado), as aberturas estão distribuídas bilateralmente, o que foi considerado positivo, pois este ambiente é profundo.

Com isso, observou-se que a atuação em conjunto destes aspectos contribuiu positivamente para o aproveitamento da luz natural no edifício.

Como destacado anteriormente, o controle da entrada de luz proporcionado pelos protetores solares atuam de forma decisiva para o bom desempenho de tarefas no ambiente analisado. Ressalta-se, no entanto, que o controle da iluminação artificial ocorre manualmente. O acionamento manual do sistema foi considerado um ponto negativo em termos de consumo de energia” (MARCHIS et al, 2011, p.6 e 7).

Com a Análise do nível de Eficiência Energética da envoltória (RTQ-C) foi possível verificar que os pré-requisitos²⁶ necessários para obtenção da etiqueta “A” foram cumpridos pelo Edifício 1.

Destaca-se que o Percentual de Abertura da Fachada Oeste (PAF_O) é consideravelmente menor que o Percentual de Abertura Total das Fachadas (PAF_T), demonstrando a preocupação por parte do projetista em reduzir os ganhos de carga térmica nesta fachada. Apesar dos vidros apresentarem um fator solar relativamente alto, de 0.77, os ângulos verticais de sombreamento contribuem na atenuação da carga térmica. Desta forma, a determinação da etiqueta final deste edifício correspondendo ao nível “A” (MARCHIS et al, 2011, p.7 e 8).

Com a Análise da iluminação natural com Simulação Computacional realizada foi verificado que:

“o ambiente analisado apresenta seus maiores níveis de *Daylight Autonomy*²⁷ - DA, *Continuous Daylight Autonomy*²⁸ - DA_{con} e *Useful Daylight Autonomy/Illuminances*²⁹ - UD₁₀₀₋₂₀₀₀ próximo às

²⁶ Para a zona bioclimática 4, onde a edificação está situada, os limites de Transmitância Térmica da Cobertura (U_{cob}), e Transmitância Térmica das Paredes Externas (U_{par}), ficam dentro do aceitável para o nível de etiqueta “A”. Também foram atendidos para o nível “A” os itens relativos à utilização de materiais de revestimento externo de paredes com absorvância solar baixa ($\tau < 0,50$ do espectro solar), e utilização de cor com absorvância baixa na cobertura ($\tau < 0,50$ do espectro solar) (MARCHIS et al, 2011, p.7 e 8).

superfícies envidraçadas e na área onde estão localizadas as mesas do café, demonstrando grande potencial de aproveitamento da iluminação natural para o desempenho da principal tarefa do ambiente, sem a necessidade de complementação de outros sistemas de iluminação artificial durante o dia.

Outro dado importante observado por meio dos resultados é o desempenho do sistema de proteção solar projetado para o edifício. Mesmo com a orientação das fachadas principais no sentido Leste-Oeste, o controle do excesso de iluminação nos ambientes estudados é satisfatório. Desta forma, problemas de ofuscamento, comuns em ambientes naturalmente iluminados, são reduzidos significativamente” (MARCHIS et al, 2011, p.9).

Assim, as Simulações Computacionais de Iluminação Natural possibilitou constatar que tanto a área e o posicionamento das superfícies envidraçadas quanto à profundidade dos ambientes foram determinantes para o aproveitamento da iluminação natural. Com relação à Avaliação do Nível de Eficiência Energética da Envoltória por meio do RTQ – C constatou-se que a área e o posicionamento das superfícies envidraçadas também possuíram grande influência na obtenção da etiqueta “A”, pois representam os valores de PAF_T (Percentual de Abertura em todas as Fachadas) (MARCHIS et al, 2011).

Além disso, nas análises apresentadas por Marchis et al (2011) ficou claro que as proteções solares da área de superfície envidraçada do Edifício 1 são um importante mecanismo de controle da entrada excessiva de luz do dia. Este aspecto também foi apontado como fator relevante pelo RTQ-C, pois impactou positivamente no nível de eficiência da envoltória do edifício analisado.

Desta forma, de acordo com as análises realizadas com os quatro métodos foi possível verificar que os aspectos citados anteriormente como positivos são fundamentais para proporcionar a qualidade da iluminação natural e o nível “A” de eficiência energética da envoltória no edifício estudado (RTQ-C). Como comprovado ao longo das análises realizadas, tais elementos proporcionam excelentes condições para a otimização do edifício em termos de desempenho das atividades de usuários e funcionários; além de possibilitarem a redução do consumo energético no sistema de iluminação (MARCHIS et al, 2011).

Com relação à aplicação do método Diagrama Morfológico (antes de passar pelo aprimoramento) ao **Edifício 2**, foi possível verificar que as variáveis críticas identificadas foram: a distribuição das aberturas com relação à orientação solar, as taxas elevadas de aberturas nas fachadas (mais de 75% de aberturas nas paredes para o exterior), a falta de artifícios para o controle da entrada de luz nos ambientes e a falta de controle e integração da iluminação artificial (AMORIM et al, 2011).

Além disso, os resultados apontaram que:

“o ambiente analisado (sala de aula) possui planta baixa unilateral, com coletor de luz natural distribuído ao longo do canto entre planos e com abertura de mais 30%. A iluminação natural da sala de aula é controlada manualmente através de cortinas e a iluminação artificial controlada manualmente.

Com o as medições de iluminação natural *in loco* concluiu-se que existe iluminação natural constante no ambiente analisado do Edifício 2, no entanto, as enormes aberturas com vidros simples promovem a visão excessiva da abóbada celeste, causando a sensação de ofuscamento aos usuários. Desta forma, o conforto visual do ambiente analisado só existe quando os vidros da sala são bloqueados inadequadamente, levando ao uso excessivo de iluminação artificial no ambiente de trabalho.

Com relação aos resultados obtidos com o método de avaliação do Nível de Eficiência Energética da Envoltória por meio do RTQ – C, constatou-se que a etiqueta identificada da envoltória foi B. Isso foi

²⁷ *Daylight Autonomy* – DA representa a porcentagem de horas no ano em que um ponto determinado consegue manter os níveis aceitáveis de iluminância somente com iluminação natural (REINHART, 2010).

²⁸ *Continuous Daylight Autonomy* – DA_{con} , onde um “crédito” parcial é atribuído aos valores abaixo do nível de iluminância determinado. Por exemplo, quando é estipulado 500 lux para dado ponto de análise no ambiente e, em certa hora do dia, é atingido 400 lux naquele ponto é atribuído um valor ao DA_{con} . Tal consideração de valor é justificada por Reinhart (2010) por meio de estudos que apontam a variação de preferência nos níveis de iluminação dos usuários (REINHART, 2010).

²⁹ *Usefull Daylight Autonomy* – UDI, que identifica na malha de pontos do ambiente onde os níveis de iluminância são muito escuros (<100 lux); utilizáveis (100-2000 lux) e muito claros (>2000 lux) (REINHART, 2010).

proveniente pelo excesso de envidraçamento sem proteção nas fachadas do Edifício 2, com mais de 75% de abertura nas paredes para o exterior” (AMORIM et al, 2011).

Assim, por meio dos resultados das análises apresentadas por Marchis et al (2011) e Amorim et al (2011) com os quatro métodos, foi possível concluir que do ponto de vista do conforto ambiental e iluminação natural que o Edifício 1 apresenta resultados positivos e o Edifício 2 negativos.

Além disso, entre os parâmetros analisados em ambos os edifícios com os quatro métodos, os elementos projetuais que apresentaram maior relevância para o conforto ambiental e a iluminação natural foram: a área, o posicionamento e as proteções solares das superfícies envidraçadas bem como a profundidade dos ambientes.

4.4 Validação do Diagrama Morfológico

Nesse tópico, são apresentados os resultados finais da aplicação do Diagrama Morfológico comparativamente aos resultados finais de outros métodos. Esse procedimento efetiva a validação do Método Diagrama Morfológico (KINDDER, 1986; CRANO, 1942; GÜNTHER, 2011).

- EDIFÍCIO 1

De acordo as análises realizadas pelos alunos da graduação, ficou claro que o Edifício 1 possui elementos que contribuem positivamente para o aproveitamento da luz natural proporcionando conforto ambiental aos ambientes do mesmo.

Segundo os resultados das análises como Diagrama Morfológico, o Edifício 1 está inserido em Grandes Quarteirões (A2), se configura como uma Torre Isolada (A7) com Fachadas Principais Orientadas para Leste/Oeste (A10) e não possui edificação no entorno de nenhuma de suas fachadas (Norte, Sul, Leste e Oeste). É um Bloco Unilateral/Bilateral (E3) e apresenta refletância Alta (F1) na fachada Oeste e Média (F2) nas demais fachadas; Especularidade Baixa (G3) em todas as fachadas. Possui até 25% de abertura (H1) na Fachada Norte, Sul e Oeste e entre 50% e 75% de Aberturas (H3) na Fachada Leste. Apresenta Fachadas Não Uniformes com relação à orientação solar (I2) e Brise Horizontal (J2a) nas fachadas Leste e Oeste. Não possui abertura zenital (k).

Com relação à análise do ambiente (café) este se configura como Bilateral (L2), Parede Aberta (M5) nas Fachadas Leste e Oeste e Outros (M6) nas Fachadas Norte e Sul, Abertura Lateral de até 15% (N1) nas Fachadas Norte e Sul e Aberturas Laterais acima de 30% nas Fachadas Leste e Oeste. Apresenta Janela Intermediária (O1) na Fachada Sul, Janela Vertical (O3) na Fachada Norte e Cortina de Vidro (O4) nas Fachadas Leste e Oeste. Possui Brise (P1) nas Fachadas Leste e Oeste, e nas Fachadas Norte e Sul não apresenta controle da entrada de luz. O tipo de envidraçado é Transparente (Q1), a Refletância do Piso e das Paredes é Alta (R1/S1) e do Teto é Média (T2). O Controle e Integração da Iluminação Artificial é on/off manual (U1).

A partir disso, conclui-se que o resultado final das análises realizadas com os outros quatro métodos e o resultado final das análises com o Diagrama Morfológico foi similar, no que diz respeito à qualidade deste edifício no quesito iluminação natural e conforto ambiental. Assim, mesmo apresentando alguns elementos que poderiam ser considerados problemáticos como as fachadas principais serem orientadas no sentido Leste /Oeste e taxas de aberturas altas nestas mesmas fachadas o edifício possui elementos de proteção solar que amenizam este problema e garantem conforto ambiental interno.

Além disso, igualmente ao resultado apresentado pelas análises com os outros quatro métodos o Diagrama Morfológico possibilitou identificar quatro elementos considerados positivos, que possuem grande influência para a qualidade da iluminação natural deste edifício: 1º a taxa de abertura para o exterior (em torno de 25% a 50%). Tais valores se traduzem em uma permeabilidade média para a entrada de luz natural concentrada nas áreas com maior fluxo de pessoas. 2º distribuição das aberturas; 3º as proteções solares das fachadas e 4º o tratamento não uniforme das fachadas. Por fim, a forma linear da planta baixa com ambientes pouco profundos, com relação à penetração da iluminação natural através das superfícies envidraçadas, também foi considerada como um fator de grande importância. Com isso, observou-se que o conjunto destes parâmetros contribui positivamente para o aproveitamento da luz natural nos ambientes.

Na análise referente ao ambiente, três elementos foram considerados significativos tanto para a qualidade da iluminação natural quanto para a determinação do nível de eficiência da envoltória: a posição, a área e a forma do coletor de luz. A qualidade da iluminação natural e a integração com o sistema de iluminação artificial também estão diretamente relacionadas com a posição, tamanho e forma dos coletores de luz (áreas envidraçadas). Especificamente para a qualidade de iluminação natural no ambiente, as variáveis da planta baixa “bilateral”, também possuem significativa importância. Esta variável está ligada com a profundidade dos ambientes, já que determina a distribuição das aberturas.

Como destacado anteriormente, o controle da entrada de luz proporcionado pelos protetores solares atuam de forma decisiva para o bom desempenho de tarefas no ambiente analisado. Ressalta-se, no entanto, que o controle da iluminação artificial ocorre manualmente.

- EDIFÍCIO 2

De acordo com as análises realizadas pelos alunos, ficou claro que o Edifício 2 possui elementos que contribuem negativamente para o aproveitamento da luz natural proporcionando desconforto ambiental aos ambientes do mesmo.

Segundo os resultados das análises, o Edifício 2 está inserido em Grandes Quarteirões (A2), se configura como um Edifício com Orientação Intermediária da Fachada Principal (A8), não possui edificação no entorno de nenhuma das fachadas (Norte, Sul, Leste e Oeste), isto é, não possui nenhum edifício vizinho. Configura-se como um Bloco Unilateral/Bilateral (E3), apresenta Refletância e Especularidade Média de suas Fachadas (F2 e G2), possui até 25% de abertura na fachada Oeste (H1), entre 25% a 50% de abertura nas fachadas Norte e Sul (H2) e entre 50% e 75% de aberturas na fachada Leste (H3). Suas fachadas embora não sejam uniformes com relação à proteção solar não apresentam nenhum tipo de proteção solar (J) e nem abertura zenital (k).

Com relação à análise do ambiente (sala de aula) este se configura como Edifício Unilateral/Bilateral (L1). Com relação à Posição do Coletor de Luz ele foi classificado como Outros (M6) para todas as fachadas, possui aberturas laterais acima de 30% em todas as fachadas, apresenta janela horizontal (O2) em todas as fachadas, possui Cortina e Persiana (P7) na Fachada Sul e nas Fachadas Norte/Leste/Oeste não apresenta controle da entrada de luz (P9). O tipo de envidraçado é Transparente (Q1), a Refletância do Piso e das Paredes é Alta (R1/S1) e do Teto é Média (T2). O Controle e Integração da Iluminação Artificial é on/off manual (U1).

A partir disso, conclui-se que o resultado final das análises realizadas com os outros quatro métodos e o resultado final das análises com o Diagrama Morfológico foi similar, no que diz respeito à qualidade deste edifício no quesito iluminação natural e conforto ambiental. Assim, percebe-se que alguns elementos considerados problemáticos foram decisivos para impactar negativamente no resultado final: taxas de aberturas altas e a ausência de elementos de proteção solar o que agrava este problema e diminui o conforto ambiental interno, possibilitando maior consumo energético da edificação por parte de ar condicionado e iluminação artificial, já que internamente para se evitar o ofuscamento é necessário o uso de persianas necessitando assim de iluminação artificial.

Dessa forma, a partir da comparação destes resultados pode-se concluir que o Método Diagrama Morfológico foi validado por apresentar resultados finais similares.

4.4.1 Análise Crítica do Método Diagrama Morfológico

Como já foi abordado anteriormente, ao todo, 50 alunos utilizaram o método Diagrama Morfológico. Ao término de cada análise foi solicitado que cada aluno fizesse uma análise crítica sobre o método utilizado. A seguir é apresentado o resumo destas análises críticas. Compõem a análise crítica as seguintes perguntas:

- “O método permitiu identificar pontos positivos no projeto analisado? Quais?”** 60% dos alunos responderam sim, 16% responderam não e 24% não responderam.
- “O método permitiu identificar pontos negativos no projeto analisado? Quais?”** 76% responderam sim, 8% responderam não e 16% não responderam.

c) “Descreva o que achou do tempo de análise necessário para aplicar o método em um projeto?”

Os alunos deram as seguintes respostas:

34% dos alunos consideraram o tempo de análise rápido (até 30 minutos);

6% consideraram o tempo razoável;

16% consideraram um pouco demorado;

14% consideraram longo;

6% consideraram cansativo

24% não responderam.

d) “Na sua opinião, o método permite aprimoramento ao processo de elaboração do projeto? Por quê?” 76% responderam sim, 8% responderam não e 16% não responderam.

Com relação a estas respostas, são apresentados os pontos positivos e negativos detectados pelos alunos relativos ao método.

Pontos positivos:

- a) “As explicações sobre os parâmetros e variáveis estão muito diretas e autoexplicativas, o que permite ao avaliador ter mais conhecimento sobre o que está sendo analisado e a sua importância dentro de um projeto de arquitetura”.
- b) “Com esse método os pontos mais importantes a serem considerados em um projeto estão sendo levados em consideração, o que auxilia no processo de criação”.
- c) “O método é **um ótimo recurso para ajudar no início do projeto**, e que também contribui para um melhor entendimento de alguns aspectos, como por exemplo, a refletância”.
- d) **“Contribui bastante nos exercícios tanto de análise de projeto quanto de elaboração do projeto”**.
- e) “Esta é uma boa ferramenta de análise por possibilitar a identificação de possíveis problemas relacionados ao conforto ambiental da edificação, porém, apresenta uma gama de detalhes que, por um lado, torna a análise mais rica e completa, mas, por outro, pode comprometê-la caso não haja um bom entendimento dos dados fornecidos e de como analisá-los”.
- f) “Permite a análise de uma série de fatores para relação do projeto, levando em consideração: o clima, a luz, local etc”.
- g) **“A base de dados teórica (informações) é boa para referência”**.
- h) **“O método analisa o projeto de uma forma bem completa além de ser rápida e eficiente”**.
- i) “Permite a identificação de pontos negativos no projeto para que possamos assim melhorá-lo”.
- j) “O programa é bem completo, ajuda na análise do projeto em relação aos condicionantes de conforto, o que facilita o trabalho”.
- k) “Ele sintetiza o projeto em pontos positivos e negativos, além das principais características do edifício”.
- l) “Permite uma visualização geral de problemas que podem vir a surgir na ocupação do edifício”.
- m) “Ajuda a compreender melhor o projeto, além disso, com ele é possível medir a eficiência da iluminação natural no desenvolver do projeto”.
- n) “Porque durante a elaboração do projeto o arquiteto terá maior consciência e preocupação com as decisões tomadas, além de poder estudar melhor o impacto causado por essas decisões”.

- o) “O uso das cores para fazer a análise e as características do edifício e posteriormente a conclusão por meio das cores, podendo assim concluir os "erros" e "acertos" no projeto, podendo na fase inicial fazer possíveis alterações”.
- p) “Permite antever quesitos e relações importantes entre arquitetura e conforto ambiental ao ser proposto em uma ferramenta de fácil uso e bem completa”.
- q) “O método contribui para o processo de elaboração, porque ele é prático e organizado, e ajuda na concepção e avaliação do prédio, trazendo os principais problemas e possíveis melhorias”.
- r) “É um método prático e bastante organizado, até didático. Ajuda na avaliação do prédio, assim como concepção de futuros projeto, trazendo principais problemas e possíveis melhorias”.
- s) “O método consegue nos mostrar dados e detalhes que às vezes não enxergamos na elaboração do projeto. Porém, alguns dados estão meio confusos de difícil entendimento”.
- t) “A proposta do diagrama morfológico é extremamente positivo, ajuda de forma extrema no processo de elaboração do projeto. A síntese e a facilidade com que os aspetos bioclimáticos são avaliados são impressionantes”.
- u) “Chama a atenção para requisitos de conforto que devem ser observados no momento da concepção do espaço desejado, de modo a torná-lo mais agradável e eficiente, reduzindo custos”.

Pontos negativos:

- a) ***“Alguns pontos de avaliação ficaram confusos ou ambíguos”.***
- b) “A organização das perguntas é fácil e compreensiva, porém o método é incompleto e sugestivo demais, principalmente se o avaliador não for ao ambiente”.
- c) “Muito didático, mas pode melhorar se houver mais informações em itens como o ângulo de incidência solar e a forma do edifício para reduzir interpretações subjetivas”.
- d) ***“Cria uma análise muito subjetiva, porém sendo inicial pode auxiliar nas diretrizes do projeto”.***
- e) “Bom para organizar as informações já coletadas, no entanto demorado e trabalhoso”.
- f) “Para quem não conhece bem o ambiente e o prédio analisado, nem possui muita experiência e conhecimento sobre o assunto fica difícil fornecer alguns dados e também julgar e analisar de cada critério como bom, ruim, razoável, etc. Ficando em certos casos subjetivo”.
- g) “Muito amarrado e industrial, ele tira a graça da análise e criação projetual; não parece dar muita margem para casos que fujam à regra”.
- h) “Só é interessante como base de dados para pessoas que não conhecem os projetos”.
- i) “Um projeto é muito complexo e cheio de detalhes que o programa não propõe e nem teria como. Não acredito em análises críticas e detalhadas feitas por computadores, pois um projeto de arquitetura é muito mais que termos técnicos e soluções preconcebidas. O programa não dá margem, e nem teria como, para propostas inovadoras”.
- j) “Prefiro fazer essas análises manualmente, portanto não acho que usaria esse programa nos meus trabalhos. Tira a graça da análise e criação projetual. A base de dados teóricos (informações), porém, é boa para referência”.
- k) “A análise só pode ser mais conclusiva e completa caso o avaliador vá à edificação”.

Dessa forma, verificou-se que o Diagrama Morfológico apresenta alguns pontos a serem melhorados, como por exemplo, o tempo gasto para realização de análises. No entanto, acredita-se que isto seja compensado pelo fato do método proporcionar contribuições tanto no processo de elaboração de

projetos quanto em análises de edifícios finalizados, pois ele direciona o olhar do profissional evitando que este se esqueça de parâmetros fundamentais para um bom aproveitamento da iluminação natural.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho.

É premente a necessidade de se produzir uma arquitetura voltada para as necessidades locais e adequada ao clima, proporcionando melhores condições de conforto ambiental e iluminação natural sem perder de vista a questão estética e formal do projeto. Atender a estas questões é premissa para um bom projeto arquitetônico.

Acredita-se que para chegar a um projeto arquitetônico com boas condições de conforto ambiental e iluminação natural dois passos norteadores podem ser percorridos pelos alunos e profissionais: o primeiro seria a utilização de métodos de análise e projeto com foco em conforto ambiental e iluminação natural para análise de projetos em elaboração ou finalizados; o segundo seria a utilização de projetos exemplares do ponto de vista do conforto ambiental e iluminação natural para compor repertório de tipologias arquitetônicas.

Assim, o desenvolvimento desta dissertação foi de encontro a estes dois passos, pois tinha como principal objetivo aprimorar e validar o Método de Análise e Projeto Ambiental com uso de Iluminação Natural, denominado Diagrama Morfológico. Este método pode auxiliar nos dois aspectos acima descritos, pois possibilita a análise de diversos projetos e o armazenamento de seus resultados de forma a criar um banco de dados que pode se tornar referência para o desenvolvimento de outros projetos. Pode-se ainda, constatar eventuais aspectos a serem otimizados nas fases iniciais de elaboração do projeto ou em projetos finalizados. Dessa maneira, com este trabalho buscou-se contribuir com o desenvolvimento de projetos que utilizem o conforto ambiental e a iluminação natural de maneira apropriada, incentivando boas práticas nesse quesito.

Para concretização do aprimoramento e validação do método Diagrama Morfológico foi feito primeiramente o diagnóstico do referido método, onde foram encontrados seus problemas e potencialidades, para posteriormente aprimorá-lo e validá-lo junto a um grupo de alunos. Após passar por estas etapas, atendeu-se ao objetivo proposto de aprimorar e validar o método Diagrama Morfológico, pois as análises realizadas pelos alunos geraram resultados condizentes com as análises realizadas com outros métodos.

Porém, é importante esclarecer que estes outros métodos de análise (RTQ-C, Simulações computacionais, medições de iluminação *in loco*) são diferentes do Diagrama Morfológico. Eles são complementares, nenhum substitui o outro. Por exemplo, as simulações computacionais proporcionam respostas quantitativas a alguns parâmetros do projeto, enquanto que o Diagrama Morfológico cumpre o papel de um *checklist*, auxiliando o projetista a observar vários parâmetros em níveis diferenciados que devem ser avaliados para se obter um projeto que atenda às condições satisfatórias de conforto ambiental e iluminação natural.

Apresentam-se a seguir as considerações finais quantos aos vários aspectos considerados neste trabalho.

5.1 Quanto ao método

Foi possível verificar, por meio da validação, que o método possui pontos positivos e negativos. Os pontos positivos identificados são:

- Aborda os pontos relevantes a serem considerados em um projeto, auxiliando no processo de criação;
- As informações dos parâmetros e variáveis referentes ao método são diretas e autoexplicativas, auxiliando na análise;
- Bom recurso para ajudar tanto no início da elaboração do projeto quanto na análise de projetos finalizados. Além disso, foi é prático, organizado, completo, rápido, eficiente e didático;
- Permite a identificação de pontos negativos no projeto auxiliando na otimização destes;

- Organiza e facilita a análise de uma maneira hierárquica (do macro para o micro);
- Ajuda a compreender melhor o projeto além de detectar suas falhas;
- Permite antever quesitos e relações importantes entre arquitetura e conforto ambiental ao ser proposto em uma ferramenta de fácil uso;
- Se o método em questão for utilizado para analisar um projeto já finalizado, o projetista terá oportunidade de perceber por meio do relatório final da análise em quais aspectos e elementos o projeto deve ser adaptado/modificado, para se obter melhorias na qualidade do conforto ambiental e iluminação natural.

Como relação aos aspectos negativos, foram detectados os seguintes pontos:

- O método ainda é subjetivo e um pouco demorado.

Conclui-se que o Diagrama Morfológico apresenta pontos negativos, principalmente, pelo fato de ser um método qualitativo, o que pode resultar em análises subjetivas.

O tempo de análise foi considerado negativo. No entanto, se comparado com os demais métodos, o Diagrama Morfológico é muito mais rápido, visto que o tempo médio de análise foi de aproximadamente 30 minutos enquanto para os outros métodos este tempo é consideravelmente maior.

Se o Diagrama Morfológico for utilizado no processo de elaboração do projeto a análise com o referido método pode ser realizada após o término do anteprojeto. Assim, se o método detectar equívocos no projeto o projetista pode retornar ao anteprojeto e adequar os problemas detectados para posteriormente passar para as simulações computacionais e projeto executivo.

De tal modo, pode-se dizer que o Diagrama Morfológico é um método que pode anteceder as simulações computacionais, pois pode antecipar a manifestação de aspectos mal resolvidos no projeto, apresenta possibilidade de retorno ao anteprojeto para adequação destes pontos e demanda menos tempo para realização de análises.

Nesse sentido, é considerada válida a utilização de métodos de análise de projeto, pois se considera que um instrumento complementa o outro, auxiliando o projetista na tomada de decisões e na otimização do projeto.

Dessa forma, o Diagrama Morfológico pode ser considerado um importante **checklist** que pode auxiliar os estudantes/projetistas a não se esquecerem de elementos importantes na elaboração ou análise de projetos, além de auxiliar a visualizar possíveis problemas arquitetônicos, otimizando e direcionando alterações que proporcionarão melhorias ao mesmo.

Portanto, conclui-se que o Diagrama Morfológico pode contribuir para as boas práticas projetuais da arquitetura bem como auxiliar na construção de repertório arquitetônico de referência, pois permite a análise de projetos em fase de elaboração ou finalizados, proporcionando o desenvolvimento de projetos que garantam um desempenho satisfatório de conforto ambiental e iluminação natural.

5.2 Quanto ao programa elaborado para armazenar o método

O programa computacional auxiliou nos seguintes aspectos:

- 1) Facilidade para utilização do método, pois pode ser utilizado em qualquer lugar que tenha acesso a internet;
- 2) Padronização dos relatórios finais das análises;
- 3) O fato de o método estar armazenado em um programa disponível em um site possibilita rapidez na geração dos resultados das análises realizadas;
- 4) E por último, também serve para armazenar as análises geradas, formando um banco de dados que poderá servir de referência para estudantes e profissionais.

Com relação ao relatório gerado pelo programa pode-se afirmar que este facilita a leitura final da análise e direciona para os itens que devem ser aprimorados no projeto. Isto ocorre em função das cores demarcadas pelo avaliador durante a análise que aparecem no relatório final em cada variável de cada parâmetro (vermelho – aspecto ruim, amarelo – deve-se ter alerta a este aspecto e verde – aspecto considerado positivo). Para visualizar os relatórios finais das análises realizadas, basta entrar no site do programa (www.deborafelix.com.br) e clicar no ícone “Relatórios” (do lado esquerdo da página principal).

5.3 Quanto à validação

O programa computacional permitiu que o método se tornasse um instrumento mais acessível aos estudantes que efetuaram a validação do Diagrama Morfológico. Para isso, foi necessário reunir 60 alunos nivelados quanto ao conhecimento de aspectos relativos a projeto e conforto ambiental para realizar a análise de dois edifícios (Edifício 1 e 2). A primeira tentativa de validar o método não logrou êxito. Por esse motivo, o método foi apresentado novamente e dessa vez obteve-se sucesso no procedimento. No total, 70 alunos realizaram análises. No entanto, desse total, somente 50 alunos realizaram as análises completas dos dois edifícios. Por esse motivo, foram consideradas as análises destes 50 alunos para a validação dos resultados e descartadas as demais.

Para validar o método era necessário que os resultados finais das análises dos Edifício 1 e 2 com o Diagrama Morfológico fossem coincidentes com os resultados finais dos outros quatro métodos, ou seja, a avaliação do ponto de vista do uso da iluminação natural e do conforto ambiental para o Edifício 1 deveria ser positiva e do Edifício 2 negativa. Isto se confirmou conforme descrito a seguir.

Quanto ao Edifício 1, o resultado final das análises realizadas com todos os métodos foi similar. Mesmo apresentando alguns elementos que poderiam ser considerados problemáticos como a orientação das fachadas principais (sentido Leste /Oeste) e taxas elevadas de aberturas nestas mesmas fachadas, o edifício possui elementos de proteção solar que amenizam este problema e garantem conforto ambiental interno. Além disso, na comparação dos resultados das aplicações de todos os métodos ao Edifício 1, foi possível verificar que quatro elementos foram identificados como positivos, possuindo grande influência para a qualidade da iluminação natural neste edifício: 1º a taxa de abertura para o exterior (em torno de 25% a 50%). Tais valores se traduzem em uma permeabilidade média para a entrada de luz natural concentrada nas áreas com maior fluxo de pessoas. 2º distribuição das aberturas; 3º as proteções solares das fachadas e 4º o tratamento não uniforme das fachadas que, devido à orientação desfavorável, receberam proteções e materiais construtivos distintos. Por fim, a forma linear da planta baixa com ambientes pouco profundos também foi considerado como um fator de grande importância para que o edifício fosse avaliado como positivo. Com isso, observou-se que a atuação em conjunto destes aspectos contribuíram positivamente para o aproveitamento da luz natural.

Quanto ao Edifício 2, ficou claro que este possui elementos que contribuem negativamente para o aproveitamento da luz natural proporcionando desconforto ambiental aos ambientes do mesmo. De acordo com a comparação dos resultados das aplicações de todos os métodos ao Edifício 2, foi possível verificar que alguns elementos foram considerados problemáticos e foram decisivos para impactar negativamente no resultado final: taxas elevadas de aberturas (mais de 75% de aberturas nas paredes para o exterior) e a ausência de elementos de proteção solar o que agrava este problema e diminui o conforto ambiental interno, possibilitando maior consumo energético da edificação por parte de ar condicionado e iluminação artificial, já que internamente para se evitar o ofuscamento é necessário o uso de persianas necessitando assim de iluminação artificial.

Face à similaridade dos resultados obtidos pelo Diagrama Morfológico com os obtidos com os demais métodos, conclui-se que o método foi validado e pode ser considerado fidedigno.

5.4 Limitações do Trabalho

Algumas limitações foram encontradas no decorrer deste trabalho, são elas:

- a) Validação do método junto a profissionais;
- b) Aplicação do método junto durante o processo de elaboração do projeto;

- c) O programa elaborado não permite que se faça a análise de forma parcial, ou seja, iniciada uma análise esta deve ser concluída, do contrário perde-se o trabalho realizado.
- d) A necessidade de o usuário inserir o ângulo de proteção solar e a sua máscara inviabilizou a análise completa do parâmetro – Proteção Solar na Fachada. Isto porque requer conhecimento técnico de arquitetura, isto é, entender a utilização da carta solar e saber elaborar as máscaras de cada proteção.

5.5 Sugestões para trabalhos futuros

As sugestões para trabalhos futuros são:

- Aplicar e validar o método junto a profissionais de arquitetura;
- Aplicar o método junto aos possíveis usuários (alunos e profissionais) durante o processo de elaboração de projeto;
- Realizar simulações computacionais de iluminação natural referente a cada variável de cada parâmetro do Diagrama Morfológico, com o intuito de proporcionar resultados mais quantitativos que qualitativos aos resultados das análises.
- Realizar pesquisas que possam resultar em algo similar ao Diagrama Morfológico para a ventilação natural e conforto térmico;
- Realizar pesquisas para formatar o Diagrama Morfológico com a realidade climática de cada zona bioclimática do Brasil, proporcionando com isso, recomendações arquitetônicas apropriadas com as necessidades de cada localidade.

É importante esclarecer que a utilização de métodos e processos de projeto deve ser entendida como um suporte, um guia, que pode orientar e nortear o trabalho do projetista até chegar ao projeto. Isso faz com que o processo de projetar seja menos vago, subjetivo, obscuro e pessoal. No entanto, o processo de projeto deve ser entendido como algo flexível e cíclico, que permite ao profissional avançar e recuar quantas vezes considerar necessário.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.215: **Iluminação natural – Parte 1: Conceitos básicos e definições**. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15215-2: Iluminação natural - Parte 2: Procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural**. Rio de Janeiro, 2005 a.

_____. **NBR 15215-4: Iluminação natural - Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição**. Rio de Janeiro, 2005 c.

_____. **NBR 15.220: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações - atividades técnicas**. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 13532: Elaboração de projetos de edificações – arquitetura**. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 5461: Iluminação**. Rio de Janeiro, 1991.

AMORIM, Cláudia Naves David. **PARANOÁ: cadernos de arquitetura e urbanismo** (Diagrama Morfológico Parte I – Instrumento de análise e projeto ambiental com uso da luz natural, p.57) / Revista do Programa de Pesquisa e Pós Graduação da FAU-UnB. Ano 6, n.3 (agosto 2007) – Brasília FAU UnB, 2007.

_____. **PARANOÁ: cadernos de arquitetura e urbanismo** (Diagrama Morfológico Parte II – Instrumento de análise e projeto ambiental com uso da luz natural, p.57) / Revista do Programa de Pesquisa e Pós Graduação da FAU-UnB. Ano 6, n.3 (agosto 2007) – Brasília FAU UnB, 2007.

_____. **Apostila da disciplina Iluminação Natural e Qualidade Ambiental no Espaço Construído**. Mestrado da UnB. 2010.

_____; TEIXEIRA, Éderson Oliveira; ROCHA, Renato de Melo; BIMONTI, Rosângela; ALVES, Rosângela Timótheo; MENEZES, Simone Alves Prado. **Avaliação do Módulo Educacional Edifício FIOCRUZ – Brasília Uso da Luz Natural e Eficiência Energética**. XI ENCAC e VII ELACAC. Búzios – RJ. 10 páginas. 2011.

ASSIS, Rosana Maria Caram de. **Caracterização óptica de materiais transparentes e sua relação com o conforto ambiental em edificações**, UNICAMP, Faculdade de Engenharia Civil, Departamento de Saneamento e Hidráulica, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA (AsBEA). **Manual de contratação dos serviços de arquitetura e urbanismo**. 2.ed. São Paulo: Pini, 2000.

BANNISTER, Paul et al. **Testing commercial building energy Standards**. IPENZ Transactions, Vol. 25, No. 1/EMCh, 1998.

BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; & STEEMERS, Koen. **Daylighting in architecture: A European Reference Book**. Londres: James and James Editors, 1993.

BAKER, N. & STEEMERS, K. **Daylight Desing of Buildings**. James & James, London, 2002.

BARBIRATO, Gianna Melo. SOUZA, Lea Cristina Lucas de. TORRES, Simone Carnaúba. **Clima e Cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió. EDUFAL, 2007. 164 p.

BARKI, J. Diagrama como discurso visual: uma velha técnica para novos desafios. 8 *DOCOMOMO BRASIL Sessão 3*, pp. 1-16, 5 de setembro de 2009.

BELL, J.; BURT, W. **Designing buildings for daylight**. London: BRE, CIBSE, 1995. 95 p.

BITTENCOURT, L. **Uso das Cartas Solares: diretrizes para arquitetos**. Maceió: EDUFAL, 2004.

BOGO, Almir José. **Método para avaliação da admissão de luz natural através de aberturas com elementos de controle solar**. Tese de Doutorado em Engenharia Civil – PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

_____. **Avaliação da admissão de luz natural em edificações**. São Paulo – SP. 8º NUTAU. 8 a 12 de novembro de 2010.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>>. Acesso em: março de 2011.

- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade - RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R)**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: < <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001627.pdf>>. Acesso em: mar /2011.
- BRUAND, Yves. **Arquitetura Contemporânea no Brasil**. São Paulo – SP. 4ª Edição. Editora Perspectiva S.A., 2002.
- BROWN, G. Z. DEKAY, Mark. **Sol, vento e luz, estratégias para o projeto de arquitetura**. São Paulo: Bookman, 2004, 2ª. Ed. 415 p.
- CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação de Eficiência Energética do Envolvimento de Edificações Não-residenciais**. 215f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, UFSC, 2008.
- CINTRA, Milena Sampaio. **Arquitetura e luz natural: A influência da profundidade de ambientes em edificações residenciais**. Dissertação de Mestrado. Brasília – DF; UnB; 2011.
- CORBELLA, O. D.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.
- CRANO, William D. *Principles of Research in Social Psychology*. McGraw-Hill, United States of America, 1942.
- CROSS, N. **Engineering design methods: strategies for product design**. 2 ed. London: Wiley, 1994, 179p.
- CUNHA, Eduardo Grala da. **Elementos de Arquitetura de Climatização Natural**. Porto Alegre - RS: Masquatro Editora, 2006.
- DUTRA, Luciano. YANNAS, Simos. **Análise de Processo de Projeto Bioclimático**. XI ENTAC: 23 a 25 de agosto. Florianópolis-SC. 2006.
- EGAN, M. David & OLGAY, Victor W. - *Architectural lighting*. 2ª Edição. Boston: McGraw-Hill, 2002.
- FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na Construção de Edifícios**. 2002. Tese – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002.
- FERREIRA, A. B. **Minidicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1993.
- FONTOYNONT, M.(Ed.). **Daylighting performance in buildings**. London: James and James, 1998.
- GIVONI, Baruch (1976). **Man, Climate and Architecture**. Israel Institute of Technology, Applied Science Publishers Ltda. 1 edition 1969, London.
- GÜNTHER, Hartmut. **Entrevista pessoal**. UnB, maio de 2011.
- GÜNTHER, Hartmut. **Entrevista pessoal**. UnB, outubro de 2011.
- HARRIS, A. L. N. C.; CHENG, L. Y; LABAKI, L. C. Remodelagem **dos Grupos Climáticos dos Quadros de Mahoney Utilizando a Teoria dos Sistemas Nebulosos**. NUTAU, São Paulo – SP, 28/08 a 01/09 de 2000.
- HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação Natural**. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 1975. Tradução do original inglês intitulado: *Daylighting*. London 1966.
- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA - IESNA. **The IESNA Lighting handbook**. 9. ed. New York, 2000.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília, INMET – Instituto Nacional de Meteorologia/Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, 1992.
- JULIAN, Warren. **Lighting: basic concepts**. Warren G Julian Editor. University of Sydney. 1983.
- KIDDER, Louise H. **Research Methods in Social Relations**. Published for the Society for the Psychological Study of Social Issues (SPSSI). Fifth Edition. New York, 1986.
- KOWALTOWSKI, D. et al. **Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, abr./jun. 2006.
- KOPPEN. W. **Das Geographic system der klimate**. Handbuch der klimatologie. Berlim: Bortraeger, 1938.
- LAM, William M. C. **Sunlighting as Formgiver for Architecture**. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1986.
- LAMBERTS, R., Dutra, L.; Pereira, F. O. **Eficiência Energética nas Arquitetura**. São Paulo – SP: UFSC/Procel/Eletróbrás, 1998, 188p.

- LAWSON, Bryan. **Como arquitetos e designers pensam**. Tradução: Maria Beatriz Medina. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- LYNES, J. A. **Principles of natural lighting**. Nova York: Elsevier Publishing Company, 1968.
- MARCHIS, Alessandro; AMORIM, Cláudia Naves David; TEIXERA, Ana; SALES, Gustavo; COSTA, Átila: **Relação entre Iluminação Natural e Eficiência Energética em Edifícios do Campus Universitário da UnB – elementos determinantes**. XI ENCAC e VII ELACAC. Búzios – RJ. 10 páginas. 2011.
- MASCARÓ, Lúcia R. Energia da Edificação – **Estratégias para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projeto, 1991.
- _____. MASCARÓ, Lúcia E. R. de. **Iluminação Natural nos Edifícios**, FAU/USP, s/d).
- _____. **A Iluminação do espaço urbano**. Porto Alegre – RS, Masquatro Editora, 2006. 197 p.
- MARKUS, T. ARCH, M. Optimizacion by Evaluacion in the Appraisal of Buildings. In: HUTTON, G. H. e DEVONALD, A. D. G. (Ed). Value in building. London, Applied Science, 1973.
- MARTINEZ, A. C. **Ensaio sobre o projeto**. Brasília, UnB, 2000.
- NETO, Egydio Pilotto. **Cor e Iluminação nos Ambientes de Trabalho**. Liv. Ciência e Tecnologia, São Paulo, 1980.
- OLIVEIRA, Leonardo P. **Estrutura metodológica para avaliação ambiental do projeto arquitetônico com base nos critérios prescritivos e de desempenho das certificações para edifícios**. Estudo de caso: Edifício Gustavo Capanema e Eldorado Tower. Tese doutorado, UnB, Brasília, 2009.
- ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: EdUnB, 2001, 226p.
- RORIZ, Maurício. PROGRAMA ZZBR – Zoneamento Bioclimático do Brasil (Classificação bioclimática das sedes dos municípios brasileiros e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, conforme a ABNT NBR 15220-3). São Carlos – SP, 2004.
- PEREIRA, B. C. Inserção **de critérios de sustentabilidade à fase de concepção de projetos arquitetônicos: subsídios para uma ferramenta**. Dissertação de Mestrado, UnB, Brasília – DF, 2010.
- PINON, H. **Teoria do projeto**. Porto Alegre. Livraria do Arquiteto, 2006.
- REINHART, Christoph F.. **Tutorial on the use of Daysim Simulations for Sustainable Design**. Harvard University GraduateSchool of Design, 2010.
- REINHOLD, V. N. **Representação Gráfica em Arquitetura**. ARTMED EDITORA S.A. Porto Alegre – RS. 1996.
- ROAF, Sue; CRICHTON, David; NICOL, Fergus. Tradução SALVATERRA, Alexandre. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas – um guia de sobrevivência para o século XXI**. Porto Alegre: Bookman, 2009, 384 p.
- SENA, C. B; CHENG, L. Y; HARRIS, A. L. N. C. **Análise Climática das Regiões do Estados de São Paulo – Estudo Comparativo entre o Método de Mahoney Tradicional e o Remodelado Através da Teoria dos Sistemas Nebulosos – Parte I**. ENCAC-COTEDI, Curitiba – PR, 5 a 7 de nov de 2003.
- SILVA, M. A. **Gestão do processo de projeto de edificações**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.
- SOUZA, L. C. L; GOMES, J. F; MENDES, D. S. R. **Expandindo um sig-3d para aplicação em conforto ambiental em nível urbano**. ENCAC – COTEDI, Curitiba – PR, 5 a 7 de Nov de 2003.
- SUGA, Mauro. **Avaliação do potencial de aproveitamento de luz natural em cânions urbanos: estudo realizado nos eixos estruturais de Curitiba**. Dissertação de Mestrado. Curitiba: CEFET-PR, 2005.
- TOLEDO, Beatriz Guimarães. Integração de Iluminação Natural e Artificial: Métodos e Guia Prático para Projeto Luminotécnico. Dissertação de Mestrado. Brasília – DF; UnB; 2008.
- TZORTZOPOULOS, P. **Aprimoramento para o desenvolvimento de um modelo do processo de projeto de edificações em empresas construtoras de pequeno porte**. 1999. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.
- UNITED NATIONS (1971), **Climate and House Design – Design of Low-cost Housing and Community Facilities**. Department of Economic and Social Affairs. New York, Vol. I. p 25-42.
- VIANNA, N. S; GONÇALVES, J. C. **Iluminação e Arquitetura**. São Paulo: Geros s/c Ltda, 2001.
- YEANG, Ken. Traducción castellana: VALICOURT, Carlos Saenz. El rascacielos ecológico. Editora Gustavo Gili, AS, 2001.

7 SITES DE INTERNET:

LABEEE/USP/PROCEL EDIFICA/ELETRÓBRÁS/INMETRO. **Volume 1: Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações.** Disponível em:

http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/arquivos/1_Apresentacao_Etiquetagem.pdf. Acesso em 9 de dezembro de 2010.

LABEEE/USP/PROCEL EDIFICA/ELETRÓBRÁS/INMETRO. **Volume 2: Regulamento técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.** Disponível em:

http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/arquivos/2_RTQ_C.pdf. Acesso em 9 de dezembro de 2010.

LABEEE/USP/PROCEL EDIFICA/ELETRÓBRÁS/INMETRO. **Volume 3: Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.** Disponível em:

http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/arquivos/3_RAC_C.pdf. Acesso em 9 de dezembro de 2010.

LABEEE/USP/PROCEL EDIFICA/ELETRÓBRÁS/INMETRO. Volume 4 :
(http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/arquivos/4_Manual.pdf). Acesso em 9 de dezembro de 2010.

Manual comercial da OSRAM. (http://www.osram.com.br/osram_br/Ferramentas_%26_Catlogos/_pdf/Arquivos/Iluminacao_Geral/Manual_do_Curso_Iluminacao%2c_Conceitos_e_Projetos/AF_apostila_conceitos_e_projetos_SITE.pdf). Acesso em: 26 de janeiro de 2012.

ARCH DAILY BRASIL. <http://www.archdaily.com.br>. Acesso em: 3 de outubro de 2012.

CBCA, Centro Brasileiro da Construção em Aço. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-ultimas-ler.php?cod=5218&bsc=&orig=noticias-ultimas>. Acesso em: 04 de outubro de 2012.

Figura 16 – Exemplo de um edifício com pátio interno. Foto: Jomar Bragança. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/25155/memorial-minas-gerais-estudio-arquitetura-tetro-arquitetura/>. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 17 – Exemplo de um edifício com átrio - SAP Global Service Center projetado pelo escritório Arquitetos Associados. Foto: Nelson Kon. Disponível em: http://www.archdaily.com.br/5779/sap-global-service-center-eduardo-de-almeida-shundi-iwamizu-arquitetos-associados/siaa_sap_imagem_06/. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 123 - Esquema de Insolação e Ventilação do SAP Global Service Center. Foto: de Nelson Kon. Disponível em: http://www.archdaily.com.br/5779/sap-global-service-center-eduardo-de-almeida-shundi-iwamizu-arquitetos-associados/esquema_insolacao_ventilacao-copy/).

Figura 19 e Figura 20 - Exemplo de um edifício com pele dupla – fachada e ambiente interno. Foto: Nelson Kon. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/49125/teatro-e-auditorio-em-poitiers-carrilho-da-graca-arquitetos/1291736413-330/>. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 21 - Fachada do edifício SAP Global Service Center com pele dupla. Foto: Nelson Kon. Disponível em: http://www.archdaily.com.br/5779/sap-global-service-center-eduardo-de-almeida-shundi-iwamizu-arquitetos-associados/img_5468/.

Figura 22 e Figura 23- Exemplo de varanda/beiral: Casa no Guarujá Projeto de Bernardes Jacobsen. Foto: Leonardo Finotti. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/48116/casa-no-guaruja-bernardes-jacobsen/>.

Figura 24- Exemplo de um brise ou protetor solar vertical: casa em Nova Lima projetada por Arquitetos Associados. Foto: Leonardo Finotti. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/noticias-ultimas-ler.php?cod=5218&bsc=&orig=noticias-ultimas>. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 25 – Exemplo de um brise ou protetor solar horizontal. Foto: Patrícia Cardoso. Disponível em: <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/sidonio-porto-centro-administrativo-07-12-2009.html>. Acesso em: 22 de junho de 2012.

Figura 26 e 27 - Exemplos de Cobogós. Foto: Evolutiva Arquitetura. Disponível em: <http://evolutivaarquitetura.wordpress.com/2011/05/29/cobogos/>. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 28 - Exemplo de Pergolado. Foto: Scaded Moveis Planejados. Disponível em: <http://www.scadedmoveisplanejados.com.br/pergolados-sombra-com-charme-no-jardim/>. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 30 - Exemplo de um elemento perfurado – Fachada da Livraria Cultura projetada por Paulo Mendes da Rocha Foto: Leonardo Finotti. Disponível em: <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/paulo-mendes-da-rocha-e-mmbb-edificios-de-26-07-2007.html>. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 31 - Exemplo de uso da Clarabóia: Sheraton Barra – RJ projetado por STA Arquitetura. Foto: Cristiano Mascaro. Disponível em: <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/sta-arquitetura-sheraton-barra-05-09-2003.html>. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 32 - Exemplo de uso do Lanternim. Foto: Adrià Goula. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/projetos/tipo/comercial/>. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 33 e Figura 34 - Exemplo de Uso do Shed ou Dente de Serra. Foto: Nelson Kon. Disponível em: <http://www.archdaily.com.br/36653/classicos-da-arquitetura-hospital-sarah-kubitschek-salvador-joao-filgueiras-lima-lele/>. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 35 - Exemplo de Cobertura Translúcida. Foto: Safety Glass. Disponível em: http://www2.dupont.com/SafetyGlass/en_US/whats_new/spanish_energy.html. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 50 - Exemplo de Prateleira de Luz (Fonte: 3rings). Disponível em: <http://3rings.designerpages.com/2010/12/15/brightshelf-light-shelf-brings-natural-light-inside/>. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 51 - Exemplo da utilização de cortina (Fonte: persi Lar). Disponível em: <http://www.persilar.com.br/cortinas-romanas-wave.php#imagens/cortina-romana-wave/cortina-romana-wave1.jpg>. Acesso em: 8 de junho 2012.

Figura 52 - Exemplo da utilização de cortina (Fonte:DEE Persianas). Disponível em: <http://www.persianasdee.com.br/persianas-horizontais-madeira.html>. Acesso em: 8 de junho 2012.