

MARÍLIA ALVES TEIXEIRA

**A INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO
DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES
AEROPORTUÁRIAS**

BRASÍLIA – DF
2007

MARÍLIA ALVES TEIXEIRA

**A INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO
DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES
AEROPORTUÁRIAS**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós Graduação / Curso de Mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília – FAU-UnB, como parte integrante dos requisitos necessários para a obtenção de Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Profa. Dra. Cláudia Naves David Amorim

**BRASÍLIA – DF
2007**

Marília Alves Teixeira

A INFLUÊNCIA DA ILUMINAÇÃO NATURAL NO DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós Graduação / Curso de Mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília – FAU-UnB, como parte integrante dos requisitos necessários para a obtenção de Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovado por:

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

Prof. Dr. Otto Ribas (FAU-UnB)
Examinador Interno

Prof. Dr. Sílvio Burrattino Melhado (Poli-USP)
Examinador Externo

Brasília/DF, 21 de maio de 2007.

FICHA CATALOGRÁFICA

TEIXEIRA, MARÍLIA A.

A influência da iluminação natural no desempenho ambiental de edificações aeroportuárias, 278p.
(PPG/FAU/UnB, Mestre, 2007).

Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Curso de Mestrado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo.

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| 1. Iluminação natural | 2. Aeroportos |
| 3. Desempenho ambiental | 4. Arquitetura |
| 5. Projeto | 6. Sustentabilidade |

I. FAU/UnB

II. CDU - 72

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

TEIXEIRA, M. A. (2007). A influência da iluminação natural no desempenho ambiental de edificações aeroportuárias. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, DF, 278p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Marília Alves Teixeira

TÍTULO: A influência da iluminação natural no desempenho ambiental de edificações aeroportuárias.

GRAU: Mestre

ANO: 2007

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.

Marília Alves Teixeira

Rua 15, nº 530, apto. 201 – Setor Oeste

74.140-035 - Goiânia – GO – Brasil

e-mail: quarteto@terra.com.br

***“Luz do sol que a folha traga
e traduz em verde novo, em folha,
em graça, em vida, em força, em luz”.***

Caetano Veloso

DEDICATÓRIA

A meus pais e irmãos, representação plena da união e do amor que a Sagrada Família nos ensinou. Sempre presentes em todas as etapas importantes da minha vida e que, mais uma vez, não poderia ser diferente. Ainda que no universo do conhecimento este trabalho represente um pequeno grão, para a minha realização pessoal e profissional é um feito enorme, a realização de um sonho, que vocês sabem muito bem. Obrigada pelo apoio, pela força, sempre.

Com amor
Marília

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os meus pais, ainda que a expressão possa parecer incomum. Vou tentar explicar melhor: agradeço aos meus “pais do céu” - Deus Pai e minha mãe, Nossa Senhora – que nunca me faltaram ao longo da vida; aos “pais da terra”, do sangue, do dia a dia - Adão e Maria Elisa – que me deram todo o suporte e carinho para que eu chegasse até aqui. E à minha “mãe de conhecimento”, Cláudia Amorim, que me “adotou” com o rigor e carinho de mãe, me orientando e acrescentando ensinamentos. Sem vocês eu não realizaria este trabalho.

Agradeço aos meus irmãos, Paulo Lúri, Delenda e Aninha, pela força de sempre. Mas neste caso, vai um agradecimento especial a Aninha, companheira na graduação, no mestrado, minha bússola neste curso, motivo de orgulho desde o início do nosso caminho na arquitetura. A todos vocês, o meu muito obrigada!

Agradeço o imenso apoio de Letícia Zambrano, uma das grandes referências para a realização deste trabalho, por me despertar o interesse pelo tema e colaborar sempre com a maior atenção e presteza, ainda que só nos conheçamos pelos e-mails...

Muito obrigada aos professores Otto Ribas (UnB) e Sílvio Melhado (Poli-USP) por aceitarem o convite de fazer parte da banca examinadora e contribuir para o aprimoramento desta pesquisa.

Enio Pazini, pelo incentivo e pelo exemplo de que este é o caminho a seguir.

Tia Terezinha, minha guru, Lara e Igor pelo carinho da acolhida em Brasília a qualquer tempo e hora.

Agradeço aos amigos e companheiros de mestrado Mônica Blanco e Luiz Márcio, pela amizade, o apoio incondicional, os telefonemas encorajadores, como se fizéssemos um único trabalho.

Florena Carvalho, Patrícia Neto, Renata Vicente Neto, Laura Ludovico, Simone Lourenço, Marcos Simão, Genésio Maranhão, que me deram total apoio profissional, emocional, ombro amigo. Pedro Paulo Luna, pelas caronas, contatos, projetos...

Leo Romano e Marcelo Trento, pelo carinho, apoio e pela hospitalidade generosa...

Rogério Ranulfo e Henrique Bezerra, pela força, acolhida e dicas ótimas, não só para o mestrado, mas para melhor viver...

Renata Brendolan, Valéria Moraes, Thaís Lima, toda a equipe do LACAM e da secretaria da PPG-FAU, Ricardo Brancaglioni, Sheila Silveira, Tatiana Chaer, pelo apoio constante durante as disciplinas.

Ludimila, Laís, Janderson, Danny, Bárbara, equipe Quartetto, Lorena, valeu o apoio!

A todos os professores da UnB dos quais fui aluna ou não, que fizeram com que a distância entre Brasília e Goiânia parecesse pequena e que cada aula valesse a pena, especialmente aos professores Jaime Almeida, Neander Furtado, Rosana Clímaco, Marta Romero, Flávio Kothe e Sylvia Ficher. Profa. Diva Maciel (Psicologia-UnB), pela orientação e disponibilização de material para embasar a pesquisa.

Aos amigos Yara Maia, pelo apoio emocional e espiritual em todos os meus momentos difíceis durante este período. César Miranda, pelo carinho, companhia e pela trilha sonora que acompanhou esta dissertação.

Agradeço carinhosamente a todos os meus clientes, alunos e colegas da UCG – Simone Borges, Wagner Bandeira, Maurício Azeredo, Tai, Dirceu - pela compreensão e incentivo durante a realização deste trabalho. Érico Naves Rosa, muito obrigada pelo grande apoio, pelas traduções e incentivo.

A toda a equipe da Infraero tanto em Brasília como em Goiânia, em especial Luiz Paris, Helder, Superintendente Lia Secaglio e Eng. Levy, pela colaboração e fornecimento de dados para a pesquisa.

Ao arquiteto Sérgio Parada e equipe, pela atenção e disponibilização de material e informações para este trabalho.

Agradeço de coração a todos que colaboraram, direta ou indiretamente com a produção deste trabalho, possibilitando a sua realização.

Marília

RESUMO

Este trabalho aborda a influência da iluminação natural no desempenho ambiental de edificações aeroportuárias, com o objetivo de evidenciar sua importância relacionada a esta tipologia de edificação. Os aeroportos alcançaram hoje um porte que agrega cada vez mais atividades complementares, gerando grandes complexos cuja estrutura se assemelha à de uma cidade; a iluminação é um componente essencial para a arquitetura em qualquer tipo de edificação, pois está diretamente relacionada a aspectos como o conforto ambiental, a realização de tarefas, a saúde dos usuários e o consumo de energia. O presente trabalho se divide em três etapas: a primeira faz uma revisão da bibliografia abrangendo os aeroportos, a avaliação de desempenho ambiental e a iluminação natural; a segunda apresenta a aplicação de um modelo de Matriz de Relacionamentos utilizada como ferramenta na avaliação do desempenho ambiental de edificações, mostrando a influência da iluminação natural relacionada aos indicadores ambientais e aos componentes arquitetônicos da edificação; a terceira etapa faz uma verificação desta influência em estudos de caso de edificações aeroportuárias através de observação *in loco*, medições, simulações computacionais e entrevistas com os usuários em dois terminais de passageiros de aeroportos distintos com relação ao uso da luz natural: o Aeroporto Internacional de Brasília/DF e o Aeroporto Santa Genoveva, de Goiânia/GO. Os resultados evidenciam a importância da iluminação natural como um dos elementos para o bom desempenho ambiental dos aeroportos, contribuindo para a eficiência energética, qualidade ambiental e sustentabilidade destas edificações. Por este motivo, seu uso deve ser estimulado na prática cotidiana dos profissionais de projeto, construção e manutenção de edifícios.

Palavras-chave: 1. Iluminação Natural; 2. Avaliação de Desempenho Ambiental; 3. Edificações aeroportuárias; 4. Arquitetura; 5. Eficiência energética.

ABSTRACT

This research aims to convey the influence of daylight at the environmental performance of airport buildings. Currently, new activities are being combined with these buildings giving them a highly complex configuration. Thus, the use of daylight has been proved to be necessary for any kind of building due to its importance in human comfort, visual tasks, human health and energy savings. This research has been organized as a threefold. Firstly, it revisits bibliographical references regarding airport buildings stressing their environmental impact and daylight design; in the second part, a relationship matrix has been developed as an evaluation tool for the environmental impact of buildings, weighting the influence of natural lighting when crossed with environmental performance indicators and architectonic components. The last phase, organized as study cases, analyses airport buildings in situ, through empirical measurements, computer simulations and interviews with passengers in two distinct locations: Goiânia/GO, Brazil and Brasília/DF, Brazil. The results show the relevance of daylight as a key aspect for the evaluation of environmental impact. In conclusion, the use of natural lighting should be taken into account in the early phases of building design and carried throughout the entire building construction phase as it fosters energy efficiency and human comfort.

Keywords: 1. Natural Lighting; 2. Daylight; 3. Airport buildings; 4. Energy Efficiency; 5. Building Design.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	28
2	EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS	33
2.1	ANTECEDENTES HISTÓRICOS	33
2.2	AEROPORTOS: caracterização e tipologias	37
2.3	EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS CONTEMPORÂNEAS	46
2.4	AEROPORTOS E A QUESTÃO AMBIENTAL	53
3	DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS: critérios e métodos de avaliação	55
3.1	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL	55
3.1.1	Métodos de Avaliação de Desempenho Ambiental em edificações aeroportuárias no Brasil	60
3.2	FERRAMENTA DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL: A Matriz de Relacionamentos	63
4	ILUMINAÇÃO NATURAL E EDIFICAÇÃO AEROPORTUÁRIA: relações e critérios.....	73
4.1	A ILUMINAÇÃO NATURAL E AS EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS NOS ELEMENTOS DA EDIFICAÇÃO DA MATRIZ DE RELACIONAMENTOS.....	73
4.2	A ILUMINAÇÃO NATURAL E AS EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS NOS INDICADORES AMBIENTAIS DA MATRIZ DE RELACIONAMENTOS.	94
4.3	PARÂMETROS PARA UTILIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL NA OBTENÇÃO DE CONFORTO LUMINOSO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ...	108
4.3.1	Outros parâmetros de projeto para utilização da iluminação natural	112

5	METODOLOGIA	118
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	129
6.1	A ILUMINAÇÃO NATURAL NA MATRIZ DE RELACIONAMENTOS	129
6.2	A ILUMINAÇÃO NATURAL NOS AEROPORTOS DE BRASÍLIA/DF E GOIÂNIA/GO	135
6.2.1	Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek – Brasília/DF (AIB)	135
6.2.1.1	Informações preliminares	135
6.2.1.2	Análise da iluminação natural no AIB	141
6.2.2	Aeroporto Santa Genoveva – Goiânia/GO (ASG).....	166
6.2.2.1	Informações preliminares	167
6.2.2.2	Análise da iluminação natural no ASG	172
6.3	DISCUSSÃO	188
6.3.1	A iluminação natural na Matriz de Relacionamentos	188
6.3.2	A iluminação natural nos aeroportos estudados	189
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	200
	REFERÊNCIAS	207
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	212
	APÊNDICE A – Tabelas auxiliares para preenchimento da Matriz de Relacionamentos	213
	APÊNDICE B – Modelo do questionário aplicado	238

APÊNDICE C – Análise das perguntas do questionário aplicado	241
APÊNDICE D – Tabulação dos questionários por pergunta	246
APÊNDICE E – Tabulação dos questionários por local e atividade do usuário	253
APÊNDICE F – Modelo das planilhas de medição das iluminâncias internas e externas	271
APÊNDICE G – AIB Malhas de locação dos pontos de medição <i>in loco</i>	274

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeiro campo de aviação construído pelos irmãos Wright em 1904-1905, Dayton /Ohio – USA (CUADRA, 2002)	33
Figura 2 - Primeiro vôo do 14 Bis criado por Santos Dumont (CABANGU, 2006) Disponível em: http://www.cabangu.com.br/pai_da_aviacao/0-roteiro/pg00.html Acesso em: 09. nov. 2006	34
Figura 3 - Aeroporto Johannistal, próximo a Berlim, 1909. As aeronaves eram atrações turísticas e a edificação apenas para abrigo e manutenção das máquinas (CUADRA, 2002)	34
Figura 4 - Aeroporto John F. Kennedy, Nova York – 1962. O terminal para a TWA traz inovações formais como este de E. Saarinen, cujo projeto faz uma analogia à abertura das asas de um pássaro (CUADRA, 2002).	35
Figura 5 - Desenho esquemático mostrando dos setores de embarque e desembarque para vôos domésticos e internacionais (Adaptado de EDWARDS, 1998, apud CUADRA, 2002).	39
Figura 6 - Terminal linear – Terminal 4 do aeroporto de Heathrow, Londres (ROUTE79,2006). Disponível em: http://www.route79.com/.../images/heathrowterminal4.jpg . Acesso em 13. nov. 2006	40
Figura 7 - Terminal com píers múltiplos no aeroporto Schiphol de Amsterdã - Holanda (SCHIPHOL AIRPORT, 2006). Disponível em: www.voliamsterdam.com . Acesso em: 07. nov. 2006.	41
Figura 8 - Aeroporto de Frankfurt (FRA), (AIRPORTCITY-FRANKFURT, 2005). Disponível em : . Acesso em: 13 Dez. 2005	41
Figura 9 - Aeroporto de Zurich (ZRH) (ZURICH AIRPORT, 2006). Disponível em: http://www.zurichairport.com > . Acesso em: 07.nov.2006	42
Figura 10 - Terminais modulares no aeroporto Charles de Gaulle, Paris (PAUL-ANDREU, 2006). Disponível em: www.paul-andreu.com . Acesso em: 07.nov.2006.	42
Figura 11 - Terminal com múltiplas ilhas no aeroporto Stansted, em Essex - Reino Unido (AJSPECIFICATION, 2005). Disponível em: AJ Specifications Website . Acesso em: 12. dez.2005.	43
Figura 12 - Terminais mistos no aeroporto O'Hare de Chicago, USA (CHICAGOAEROPUERTO, 2006). Disponível em: http://www.chicago-aeropuerto-ord.com/images/terminals_map.gif . Acesso em: 11. nov. 2006.	43
Figura 13 - Desenho esquemático mostrando a integração entre as lojas e serviços oferecidos entre as salas de embarque (Adaptado de CUADRA, 2002)	44
Figura 14 - Elementos de sinalização indicando as atividades relacionadas ao aershopping do Aeroporto Internacional de Brasília (Fotos da autora,	45

2006)	
Figura 15 - Corte esquemático da estrutura de cobertura do Aeroporto Stansted, em Essex - Reino Unido, mostrando os dispositivos de controle de luz natural (LOE; MANSFIELD, 1997)	47
Figura 16 - Detalhe (esq) e vista (dir) do conjunto da estrutura de cobertura do Aeroporto Stansted, no Reino Unido, mostrando os dispositivos de controle de luz natural (LOE; MANSFIELD, 1997)	48
Figura 17 - Vista geral do Aeroporto Barajas, em Madri – Espanha. (RICHARDROGERS, 2006) Disponível em: Ariel view of model Acesso em: 22.mai.2006.	48
Figura 18 - Corte esquemático do Aeroporto Barajas em Madri, mostrando os dispositivos de controle de luz natural. (RICHARDROGERS, 2006) Disponível em: Cross section . Acesso em: 22.mai.2006.	49
Figura 19 - Vista do conjunto da estrutura dos cânions e da cobertura do Aeroporto Barajas, Madri, mostrando os dispositivos de captação de luz zenital (RICHARDROGERS, 2006). Disponível em: Interior view of canyons, bamboo roof and skylight . Acesso em: 22.mai.2006.	49
Figura 20 - Elementos de transparência e controle de luz na fachada do terminal do Aeroporto Barajas, Madri (RICHARDROGERS, 2006). Disponível em: Interior view . Acesso em: 22.mai.2006.	50
Figura 21 - Vista aérea do Aeroporto de Recife/PE (ARCOWEB, 2007). Disponível em: < http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura563.asp > acesso em: 31 mar. 2007.	50
Figura 22 - Vista interna do Aeroporto de Recife mostrando parte do volume transparente da barca da cobertura captando a luz natural (ALEN, 2007). Disponível em: < http://www.sbrf.hpg.ig.com.br/-27k > acesso em: 31 mar. 2007	51
Figura 23 - Vista interna do Aeroporto de Recife mostrando o conector, parcialmente mantido sob o beiral da cobertura (ARCOWEB, 2007). Disponível em: < http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura563.asp > acesso em: 31 mar. 2007.	52
Figura 24 - Vista interna do Aeroporto de Recife/PE e a associação entre luz natural e artificial (ARCOWEB, 2007). Disponível em: < http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura563.asp > acesso em: 31 mar. 2007.....	52
Figura 25 - Estrutura da Matriz de Relacionamentos original (Zambrano, 2004), com o agrupamento em categorias dos Elementos da Edificação (nas linhas) e Indicadores Ambientais (nas colunas) , ferramenta do método para avaliação do desempenho ambiental das edificações.	67
Figura 26 - Modelo de curvas isolux em um ambiente. (AMORIM, 2006)	117
Figura 27 - Modelo da tabela auxiliar desenvolvida para atribuição do nível de	119

relacionamento entre os componentes da Matriz.	
Figura 28 - Equipamento de medição – luxímetro digital utilizado nas medições in loco . (Foto da autora, 2006).	124
Figura 29 - Matriz de Relacionamentos preenchida indicando os níveis de relacionamento entre os Elementos da Edificação e Indicadores Ambientais, considerando a influência da luz natural no desempenho ambiental de edificações aeroportuárias. (Adaptado de Zambrano, 2004).	130
Figura 30 - Matriz de Relacionamentos preenchida. Em destaque, os Elementos da Edificação que apresentaram relacionamento primário com maior quantidade de Indicadores Ambientais, tendo em vista a influência da luz natural.	132
Figura 31 - Matriz de Relacionamentos preenchida. Em destaque, os Indicadores Ambientais que apresentaram relacionamento primário com maior número de Elementos da Edificação simultaneamente.	133
Figura 32 - Maquete eletrônica para o projeto do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de Brasília, contemplando os satélites norte - já existente - e o satélite sul, ao fundo, a ser executado futuramente (PARADA, 2006)	137
Figura 33 - AIB - Corte transversal mostrando os planos curvos da estrutura da cobertura do último piso, que cria elementos para passagem da luz natural. (Adaptado de PARADA, 2006)	138
Figura 34 - Carta Bioclimática com TRY de Brasília: 1 - Zona de Conforto; 2 - Ventilação; 3 - Resfriamento Evaporativo; 4 - Massa Térmica para Resfriamento; 5 - Ar Condicionado; 6 - Umidificação; 7 - Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo; 8 - Aquecimento Solar Passivo; 9 - Aquecimento Artificial (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998)	141
Figura 35 - Vista panorâmica do AIB, mostrando a implantação do Terminal de Passageiros. Em formato circular, o Satélite de embarque norte. (INFRAERO, 2006)	142
Figura 36 - Satélite Norte do AIB em formato circular (Foto da autora, 2006)	142
Figura 37 - Planta Terraço Panorâmico indicando os pontos de entrada de luz natural (Adaptado de ASG, 2007)	143
Figura 38 - Planta Mezanino indicando pontos de entrada de luz natural (Adaptado de ASG, 2007)	143
Figura 39 - Planta Embarque indicando pontos de entrada de luz natural (Adaptado de ASG, 2007)	143
Figura 40 - Planta Desembarque (térreo) indicando pontos de entrada de luz natural (Adaptado de ASG, 2007)	144
Figura 41 - Planta subsolo indicando pontos de entrada de luz natural (Adaptado de ASG, 2007)	144
Figura 42 - AIB – fachada leste. O elemento de concreto faz a ligação do bloco principal do terminal de passageiros (segundo plano) com o satélite de embarque norte. Observar as fachadas envidraçadas do terraço panorâmico no terminal e o avanço do beiral na fachada voltada para	145

o lado ar. (Foto da autora, 2006)	
Figura 43 - AIB – fachada leste. Vista interna do fechamento transparente do terraço panorâmico, que também serve de mirante. (BRENDOLAN, 2005)	145
Figura 44 - (esquerda) Vista interna do piso de desembarque mostrando a cobertura com os elementos de iluminação zenital que levam a luz natural a todos os pavimentos, desde o terraço panorâmico até o subsolo. (direita) Vista do piso de embarque e partir do terraço panorâmico mostrando a grande cobertura que se prolonga sobre a praça no pavimento térreo, juntamente com os fechamentos transparentes de captação lateral da luz. (Fotos da autora, 2006)	146
Figura 45 - Elementos de transparência que favorecem a captação de luz natural para o interior do AIB. Em primeiro plano, elemento de captação de luz lateral no terraço panorâmico e, em segundo plano, os elementos de captação de luz zenital sobre o pavimento térreo (Foto da autora, 2006)	146
Figura 46 - AIB – Fachada de acesso principal Lado Terra – (a) vista externa (b) vista interna - de onde se vê os elementos transparentes da fachada sobre estrutura espacial metálica, que favorecem a captação de iluminação e ventilação. (Foto da autora, 2006)	147
Figura 47 - AIB - Corte transversal mostrando os planos curvos da estrutura da cobertura do último piso, e os locais de captação e distribuição da luz natural de forma direta e indireta. (Adaptado de PARADA, 2006)	147
Figura 48 - AIB – exemplos de iluminação zenital encontrados no AIB: (A) clerestório e (B) teto de dupla inclinação. (Adaptado de PARADA, 2006).	148
Figura 49 - Terraço panorâmico mostrando a cobertura curva e a reflexão da iluminação no forro (BRENDOLAN, 2005)	148
Figura 50 - Os recortes para a contenção do terreno proporcionam abertura necessária para que a luz natural chegue ao subsolo. A iluminação zenital da cobertura do terraço panorâmico, juntamente com o tratamento paisagístico do local contribuem para favorecer a ambiência lumínica e higrotérmica do ambiente (Foto da autora, 2006)	149
Figura 51 - Aberturas na laje entre o terraço panorâmico (superior) e o piso de embarque (inferior) são exemplos dos elementos de condução da luz natural entre os pavimentos (Foto da autora, 2006).	149
Figura 52 - (a) e (b) Transparências que filtram a luz através do painel artístico de Athos Bulcão, em chapa metálica perfurada, atenuando a incidência de luz e calor na fachada oeste ao mesmo tempo em que cumpre função estética para o local. (Foto da autora, 2006)	150
Figura 53 - Recorte na laje de piso do terraço panorâmico sobre a rampa que liga o mezanino (check-in) ao piso de embarque que contribui para a passagem da luz natural. Ao fundo pode ser percebida a entrada de luz natural através da face envidraçada da marquise. (Foto da autora, 2006)	150
Figura 54 - A iluminação na parte comercial do piso de embarque do AIB associa a luz natural vinda dos elementos de condução descritos	151

anteriormente e a iluminação artificial, necessária durante todo o dia devido à localização e as atividades realizadas nos espaços comerciais. A iluminação artificial nos espaços de circulação é feita por plafons no forro e luminárias de luz indireta, refletida nas superfícies inclinadas de concreto do terraço panorâmico e complementada pela iluminação das lojas, também artificial (Foto da autora, 2006).

Figura 55 - Vão sobre a rampa que liga o mezanino (check-in) ao piso de embarque, com percepção da luz natural captada através do terraço panorâmico. Observar que a luz artificial está acesa tanto no mezanino quanto no piso de embarque, enquanto que no pavimento superior está acesa apenas a iluminação das lojas (Foto da autora, 2006).	151
Figura 56 - AIB – circulação entre o terminal de passageiros e o satélite Norte (esquerda) e terraço panorâmico (direita), diferentes situações de uso do ar condicionado (Foto da autora, 2006).	152
Figura 57 - AIB – Terraço panorâmico: simulações no software Daylight	153
Figura 58 - AIB – Terraço Panorâmico: gráficos do FLD e dados de uniformidade obtidas em simulação com o software Daylight.	154
Figura 59 - AIB – Piso de Embarque: simulações no software Daylight	155
Figura 60 - AIB – Piso de Embarque: gráficos do FLD e dados de uniformidade obtidas em simulação com o software Daylight.	157
Figura 61 - AIB - Planta do terraço panorâmico indicando em amarelo o local das medições do nível de iluminâncias (Adaptado de PARADA, 2006)	158
Figura 62 - AIB – Praça de alimentação: curvas isolux obtidas a partir da primeira medição com o software Daylight.	159
Figura 63 - AIB – Praça de alimentação: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas na primeira medição.	159
Figura 64 - AIB - Praça de alimentação: curvas isolux obtidas a partir da segunda medição.	159
Figura 65 - Praça de alimentação: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas na segunda medição.	160
Figura 66 - AIB - Praça de alimentação: curvas isolux obtidas a partir da terceira medição.	161
Figura 67 - AIB - Praça de alimentação: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas na terceira medição.	161
Figura 68 - AIB - Planta do piso de embarque indicando o local das medições do nível de iluminâncias	161
Figura 69 - AIB – Piso de Embarque: curvas isolux obtidas a partir da primeira medição.	162
Figura 70 - AIB – Piso de Embarque: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas na 1ª medição	162
Figura 71 - AIB – Piso de Embarque: curvas isolux obtidas a partir da segunda medição.	163

Figura 72 - AIB – Piso de Embarque: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas na 2ª medição	163
Figura 73 - AIB – Piso de Embarque: curvas isolux obtidas a partir da terceira medição.	164
Figura 74 - AIB – Piso de Embarque: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas na 3ª medição	164
Figura 75 - Insolação no período da tarde na praça de alimentação. (BRENDOLAN, 2005)	165
Figura 76 - Aeroporto Santa Genoveva, de Goiânia/GO mostrando parte da marquise do Terminal de Passageiros, de configuração linear e, ao fundo, a torre de comando. (Foto da autora, 2006)	168
Figura 77 - Carta Bioclimática para Goiânia. (MORAIS BALDOINO, 2006)	172
Figura 78 - ASG - implantação geral, evidenciando o Terminal de Passageiros. O lado ar está voltado para o nordeste e o lado terra para sudoeste (Adaptado de ASG, 2006)	172
Figura 79 - ASG - corte transversal. As ampliações que ocorreram ao longo do tempo obstruíram a passagem da iluminação natural para o interior do terminal (Adaptado de ASG, 2006)	173
Figura 80 - ASG - planta do pavimento térreo com indicação esquemática da incidência da luz natural nos ambientes (Adaptado de ASG, 2007)	173
Figura 81 - ASG - planta do pavimento superior com indicação esquemática da incidência da luz natural nos ambientes (Adaptado de ASG, 2007)	174
Figura 82 - A grande marquise para proteção dos passageiros em embarque-desembarque não priorizou o uso da luz natural. (Foto da autora, 2006)	175
Figura 83 - No terraço panorâmico, além da transparência, tem-se a reflexão da superfície clara que provoca reflexão da luz e ofuscamentos. (Foto da autora, 2006)	175
Figura 84 - Transparência nas esquadrias da sala de embarque do ASG voltadas para o lado ar – fachada sudoeste. (Foto da autora, 2006)	175
Figura 85 - Transparências na sala de desembarque, com película (esquerda) e na entrada principal voltada para o lado terra – fachada noroeste, uma das poucas entradas de luz natural para o saguão do aeroporto. (Foto da autora, 2006)	176
Figura 86 - ASG - barreiras à luz natural são priorizadas em função da privacidade ou segurança. Neste caso verifica-se a aplicação de película opaca em salas comerciais do saguão, na face voltada para a marquise da entrada principal. (Foto da autora, 2006)	176
Figura 87 - ASG - a ambiência lumínica e higrótérmica é proporcionada somente com elementos artificiais de iluminação e climatização. (Foto da autora, 2006)	177
Figura 88 - ASG - Imagem da praça de alimentação durante a manhã, mostrando a incidência de luz pelas janelas, juntamente com a iluminação artificial nas lojas e na área de lanches. (Foto da autora, 2006)	177

Figura 89 - ASG - Imagem da sala de embarque ao meio-dia. Observar que a iluminação artificial se encontra acesa. (Foto da autora, 2006)	177
Figura 90 - ASG - Pavimento térreo: simulação dos níveis de FLD obtidos pela simulação com o software <i>Daylight</i> para os ambientes descritos na legenda. (Fonte: <i>Daylight</i>)	178
Figura 91 - ASG - Embarque: gráficos do FLD e dados de uniformidade obtidas em simulação com o software <i>Daylight</i>	179
Figura 92 - ASG – Terraço panorâmico: simulações e curvas isolux obtidas pelo <i>Daylight</i>	180
Figura 93 - ASG – Terraço Panorâmico: gráficos do FLD e dados de uniformidade obtidas em simulação com o software <i>Daylight</i>	180
Figura 94 - ASG – locação das áreas onde foram realizadas as medições de iluminâncias no pavimento térreo: Praça de Alimentação e Sala de Embarque. (Fonte: adaptado de ASG, 2006).....	181
Figura 95 - ASG - Praça de alimentação: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas nas medições realizadas.	182
Figura 96 - ASG – Sala de Embarque: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas nas medições realizadas.	183
Figura 97 - ASG – Planta do pavimento superior indicando o local das medições de iluminância no Terraço Panorâmico (Adaptado de ASG, 2006).....	184
Figura 98 - ASG – Terraço Panorâmico: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas nas medições realizadas.	185
Figura 99 - Praça de alimentação do ASG com muito pouca exploração da luz natural, o que é sentido pelos usuários e motivo de desconforto (Foto da autora, 2006).....	186
Figura 100 -Mesmo quando utilizada pela manhã a sala de embarque utiliza a iluminação artificial (Foto da autora, 2006).	186
Figura 101 -Saguão, próximo ao desembarque. A presença da porta de vidro deixa entrar um pouco de luz natural e acaba se tornando um dos locais que os usuários percebem como mais agradáveis (Foto da autora, 2006)..	187
Figura 102 -À esquerda a praça de alimentação do AIB e à direita a praça de alimentação do ASG. A presença da luz natural no caso do AIB é fator de conforto visual, melhor ambiência e redução do consumo de energia.....	193
Figura 103 -Opinião dos usuários sobre a luz natural, se agradável ou incômoda	195
Figura 104 - Opinião dos usuários sobre o período do dia em que se tem mais conforto visual no terminal	196
Figura 105 -Percepção de reflexos incômodos na opinião dos usuários dos aeroportos estudados	196
Figura 106 -Opinião dos usuários sobre o tamanho das aberturas para entrada de luz natural	196
Figura 107 -Elementos que barram a luz do sol, percebidos pelos usuários em Brasília e Goiânia	196

- Figura 108 -Locais em que os usuários identificaram dificuldade em realizar algum tipo de tarefa visual 197
- Figura 109 -Período a partir do qual o usuário percebe a necessidade do uso da luz artificial no terminal 197
- Figura 110 -Locais identificados como mais agradáveis quanto à iluminação, na opinião dos usuários 198

.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Principais características dos métodos de Avaliação de Desempenho Ambiental. Fonte: SILVA; SILVA; AGOPYAN, (2003b); SILVA; SILVA; AGOPYAN, (2003a); ZAMBRANO, (2004).....	59
Quadro 2	Resultados do preenchimento da Matriz de Relacionamentos indicando os Elementos da Edificação mais relevantes, considerando a iluminação natural em edificações aeroportuárias	134
Quadro 3	Resultados do preenchimento da Matriz de Relacionamentos indicando os Indicadores Ambientais mais relevantes, considerando a iluminação natural em edificações aeroportuárias	134
Quadro 4	Quadro comparativo entre as características dos aeroportos estudados como estudos de caso: AIB e ASG. Fonte: Infraero (2006); FROTA; SCHIFFER (1995); CUADRA, (2002).	190
Quadro 5	Níveis de iluminâncias para ambientes internos recomendados pela ABNT NBR 5413 (1992). Fonte: ABNT NBR 5413 (1992).....	191
Quadro 6	Níveis de iluminâncias obtidos nas medições in loco realizadas nos dois terminais aeroportuários estudados	191
Quadro 7	Quadro comparativo entre a uniformidade dos dois terminais estudados considerando-se as medições in loco e as simulações computacionais ...	193

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo energético de edificações não residenciais por localidade (AMORIM, 2003)	92
Tabela 2 - Consumo energético de edificações não residenciais em Brasília (AMORIM, 2003)	92
Tabela 3 - Fatores determinantes da iluminância (ABNT NBR 5413,1992)	108
Tabela 4 - Níveis de iluminância por atividade (ABNT NBR 5413,1992)	109
Tabela 5 - AIB - Dados gerais do complexo aeroportuário. (INFRAERO, 2005)	135
Tabela 6 - Dados sobre a radiação solar incidente em Brasília	139
Tabela 7 - Dados gerais de temperatura em Brasília/DF: (FROTA; SCHIFFER, 1995)	139
Tabela 8 - Dados de umidade do ar em Brasília/DF (FROTA; SCHIFFER, 1995)	140
Tabela 9 - Dados sobre precipitações em Brasília/DF: (FROTA; SCHIFFER, 1995)	140
Tabela 10 - Consumo de energia do AIB no período de 2002 a 2004 (demonstrativos de faturamento CEB, 2005)	166
Tabela 11 - ASG - Dados gerais do complexo aeroportuário (INFRAERO, 2005)	167
Tabela 12 - Direção e velocidade dos ventos para Goiânia (FERNANDES, 2006)	169
Tabela 13 - Dados sobre a radiação solar incidente para a latitude 17° sul (Goiânia: 16°41' sul) (adaptado de FROTA; SCHIFFER, 1995)	169
Tabela 14 - Dados sobre a temperatura em Goiânia/GO. (adaptado de FROTA; SCHIFFER, 1995).	170
Tabela 15 - Dados sobre a umidade relativa do ar em Goiânia/GO. (FROTA; SCHIFFER, 1995)	170
Tabela 16 - Dados sobre as precipitações em Goiânia/GO. (FROTA; SCHIFFER, 1995)	171
Tabela 17 - Tabela de Iluminâncias e uniformidade obtidas com as medições no ASG – Praça de Alimentação. (medições in loco e software <i>Daylight</i>)	182
Tabela 18 - Tabela de Iluminâncias e uniformidade obtidas com as medições no ASG – Sala de Embarque. (medições in loco e software <i>Daylight</i>)	184
Tabela 19 - Tabela de Iluminâncias e uniformidade obtidas com as medições no ASG – Terraço Panorâmico. (medições in loco e software <i>Daylight</i>)	185
Tabela 20 - Consumo de energia no terminal do ASG. (Infraero/GO 2006)	188

LISTA DE SIGLAS

- ABNT** Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ADA** Avaliação de Desempenho Ambiental
- AIB** Aeroporto Internacional de Brasília Presidente Juscelino Kubitschek
- APO** Avaliação Pós-Ocupação
- ASG** Aeroporto Santa Genoveva – Goiânia/GO
- ASHRAE** American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
- BCN** Aeroporto de Barcelona, Espanha
- BREEAM** Building Establishment Environmental Assessment Method
- CC** Componente Celeste
- CDG** Aeroporto Charles de Gaulle, Paris – França
- CEB** Companhia Energética de Brasília
- CECIA** Comissão de Estudos e Coordenação da Infra-estrutura Aeronáutica
- CIB/CSTB** Council for Research and Innovation in Building and Construction
- CIE** Commission Internationale de l’Eclairage
- CIN** Contribuição de Iluminação Natural
- CLD** Coeficiente de Luz Diurna
- CONAMA** Conselho Nacional do Meio Ambiente
- COP** Coeficiente de Performance
- COV** Compostos Orgânicos Voláteis
- CRE** Componente de Reflexão Externa
- CRI** Componente de Reflexão Interna
- DAC** Departamento de Aviação Civil
- DF** *Daylight Factor*
- DLN** Disponibilidade de Luz Natural
- EIA** Estudos de Impacto Ambiental
- ELETRORÁS** Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
- FLD** Fator de Luz Diurna
- FLN** Fator de Luz Natural

FRA Aeroporto de Frankfurt, Alemanha

GBC *Green Building Challenge*

GHG *Green House Gases*

HQE Haute Qualité Environnementale

IAC Instituto de Aviação Civil

IBAMA Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICAO *International Civil Aviation Organization*

IDA Indicador de Desempenho Ambiental

INFRAERO Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária

INMET Instituto Nacional de Meteorologia...

IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas

ISO International Organization for Standardization

ITeC Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya

JFK Aeroporto John F. Kennedy, Nova York

LEED Leadership in Energy and Environmental Design

LN Luz Natural

MXP – Aeroporto Malpensa, Milão - Itália

NBR Normas Brasileiras

OACI Organização de Aviação Civil Internacional

PDA Plano de Desenvolvimento Aeroportuário

PDCA *Plan, Do, Check, Act*

PDIR Plano Diretor Aeroportuário

PROCEL Programa Nacional de Conservação de Energia

QAI Qualidade do Ar Interno

RIMA Relatório de Impacto Ambiental

SDO Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio

SED Síndrome dos Edifícios Doentes

SIGMA Sistema de Informações Geográficas de Meio Ambiente

SGA Sistema de Gestão Ambiental

TAV Trem de Alta Velocidade

TPS Terminal de Passageiros

USA United States of America

ZRH Aeroporto de Zurich, Suíça

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

CO₂ = Gás Carbônico

E = iluminância

lux = unidade de iluminância

L = luminância

cd = candela

cd/m² = candela por metro quadrado (unidade de luminância)

m = metro

m² = metro quadrado

U_o = uniformidade

W = Watt

KW = Kilowatt

KWh = Kilowatt hora

1 INTRODUÇÃO

A preocupação quanto ao impacto das edificações no meio ambiente é motivo freqüente de estudos, pesquisas e mobilização da sociedade, seja no âmbito público ou privado. As atividades humanas estão diretamente ligadas a algum tipo de construção e o crescimento da vida nas cidades contribui para aumentar esta relação no mundo todo. Assim, as construções ocupam o papel de maior impacto ambiental hoje no planeta, não apenas no meio ambiente, mas também nas esferas social e econômica.

O desenvolvimento tecnológico, principalmente nos últimos cem anos, provocou mudanças na configuração das cidades, das edificações e no modo de vida das pessoas, em velocidade sem precedentes ao longo da história. As distâncias ficaram cada vez menores com o aprimoramento dos transportes e das tecnologias de comunicação, facilidades possíveis com máquinas mais velozes e mais potentes, que intensificam o fluxo de pessoas e mercadorias.

Questões simples e que por muito tempo foram determinantes nas construções, como o respeito ao clima local, à cultura, às particularidades da região, passaram a ter menor importância, resultando em edificações com características padronizadas, que compõem um mundo globalizado, onde a identidade fica neutralizada em meio a grandes marcas, estratégias de mercado e unificação de costumes. Para manter níveis adequados de conforto ambiental, as edificações são climatizadas e iluminadas artificialmente, aumentando-se o consumo de energia elétrica.

As transformações ambientais que se impõem sobre a sociedade atual exigem reflexões e ações para que se controlem os caminhos apontados pelos dados e pesquisas existentes, e para que este crescimento aconteça de forma equilibrada. O aquecimento global, o grande volume de resíduos, os transportes, a energia, o uso de recursos naturais não renováveis, são problemas que têm relação direta com as edificações no mundo de hoje. Com o agravamento dos efeitos produzidos pelo aquecimento global, os edifícios enfrentam, segundo Edwards (2001), um desafio singular, pois grande parte deles foi projetado para um período de abundância de energia, período este em que se confiava na disponibilidade ilimitada de energia para iluminação, aquecimento, ventilação e outros sistemas.

A partir de 1990, intensificou-se a preocupação com as construções sustentáveis, ou seja, aquelas que apresentam melhor desempenho ambiental, respeitando, ao mesmo

tempo, requisitos econômicos e sociais (ZAMBRANO, 2004). Novas metodologias para avaliação ambiental de edifícios surgiram como parte das estratégias para o cumprimento das metas ambientais locais estabelecidas a partir da RIO-92 (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003a). Segundo Zambrano, (2004), as avaliações, incorporando os conceitos de sustentabilidade, passaram a ser utilizadas como instrumentos na busca da melhoria na eficiência dos edifícios, com a redução de seus impactos sobre os ocupantes e o meio ambiente exterior.

Diante deste quadro, o arquiteto tem papel fundamental ao conceber projetos que demonstrem preocupações com a qualidade das construções, não somente do ponto de vista ambiental e econômico, como também do ponto de vista do usuário e de seu nível de conforto. Deve ainda estar atento ao compromisso de realizar novos projetos ou adequações em edifícios existentes que possam cumprir esta tarefa de se ajustar às novas exigências de hoje, processo irreversível para se obter uma relação harmônica entre o homem, o ambiente construído e a natureza.

Considerando que os edifícios de hoje ainda estarão em uso quando as mudanças climáticas se fizerem mais intensas, serão afetados os sistemas de edificação, as soluções construtivas, os modelos de ocupação do solo e transporte. Será preciso então uma adaptação dos edifícios a estas mudanças. Edwards (2001) sugere três princípios para estas adaptações: a) preocupação com a envolvente e a superfície ocupada pelo edifício, ou seja, a forma adaptada ao clima como requisito para adaptabilidade e eficiência energética da edificação; b) aumentar a qualidade construtiva média com o uso de materiais de melhor qualidade e melhor isolamento; c) previsão de meios para melhorar o condicionamento dos edifícios, especialmente quanto à refrigeração e ao consumo de energia renovável. Pode-se afirmar que estes princípios têm relação direta ou indireta com o aproveitamento da luz natural nos projetos de edificações, uma vez que esta representa importante recurso para proporcionar maior conforto ambiental aos usuários e eficiência energética às edificações. A iluminação natural é o item mais relevante num projeto que busca o uso racional de energia. Assim, otimizar o seu potencial de aplicação nos projetos pode reduzir sensivelmente o consumo de energia, especialmente naquelas edificações que são mais utilizadas durante o dia, e mesmo reduzir ou eliminar o uso de ar condicionado.

Inserido num contexto de preocupação com a qualidade ambiental das edificações, o presente trabalho irá abordar o desempenho ambiental de edificações aeroportuárias relacionado à iluminação natural, a percepção do conforto do usuário e a eficiência

energética neste tipo de edificação, considerando que a iluminação natural é um componente essencial para o bom desempenho ambiental do edifício.

As edificações aeroportuárias fazem parte de um sistema de transporte que tem crescido muito nos últimos anos em função da velocidade, segurança e capacidade de atender a grande número de usuários e cargas, tornando-se fonte geradora de economia para muitas regiões onde estão instalados. São construções complexas, que tiveram um desenvolvimento acelerado em apenas um século de existência e freqüentemente recebem o acréscimo de novas funções. Muitas vezes, simbolizam o portal de entrada de cidades ou países, tornam-se referências locais. Exercem papel chave na economia e na conexão entre cidades dos mais diversos pontos do planeta. Toda esta estrutura requer um espaço de grandes dimensões e a adoção de medidas que visem o melhor desempenho ambiental destas edificações.

Para a maioria dos passageiros, as suas preocupações dentro de um aeroporto estão concentradas em encontrar as informações corretas nos *displays* de informação, no acesso às plataformas e portões de embarque e em ocupar-se durante o período de espera nos terminais de passageiros. Este é um período de tempo no qual se desenvolvem as mais diversas tarefas, muitas delas sob elevados níveis de stress, tais como a busca por informação do voo, retirada de bilhetes, deslocamento para áreas de embarque, e que se contrapõem com atividades menos tensas como fazer compras ou tomar um café enquanto se espera pelo voo.

O bom projeto de iluminação em terminais de passageiros de aeroportos deve oferecer conforto para as tarefas visuais que ali ocorrem, como a busca de informações em painéis de orientação e sinalização, permanência em espaços de convivência e ainda produzir ambientes agradáveis tanto para as áreas de espera como as de serviço (FONTOYNONT, 1999). As dimensões dos terminais de passageiros dos aeroportos e certas particularidades do programa arquitetônico, tais como as atividades de embarque e desembarque, alimentação, espera, lazer e as associadas a questões de segurança, naturalmente criam a necessidade de ambientes com sistemas artificiais de iluminação e climatização. O controle ambiental destes espaços é importante tanto para proporcionar conforto aos usuários como para resultar em edificações com menor consumo de energia. Neste sentido, a iluminação natural pode ser um elemento importante para se obter bom conforto visual com eficiência energética, o que contribui para um bom desempenho ambiental da edificação aeroportuária, especialmente os Terminais de Passageiros.

Os métodos de avaliação de desempenho ambiental de edificações são instrumentos recentes que surgiram a partir da constatação de que as construções são atividades que causam grande impacto ambiental e da consciência da necessidade de adotar medidas a nível mundial, a fim de se tornarem sustentáveis quanto ao ponto de vista ambiental, social e econômico. Estes métodos de avaliação disponíveis são importantes meios para se melhorar o desempenho dos edifícios. Embora muito já se tenha alcançado na construção de um cenário de edificações menos danosas ao meio ambiente, estes métodos envolvem processos complexos e subjetivos, que indicam que ainda há muito a fazer para se obter métodos que gerem resultados palpáveis e mais acessíveis. No entanto a adoção de métodos de avaliação de desempenho ambiental passa a representar importante instrumento de gestão, especialmente nas edificações aeroportuárias, devido ao seu porte e suas particularidades.

Diante do exposto, o objetivo geral desta dissertação é verificar a influência da iluminação natural no desempenho ambiental das edificações aeroportuárias, sob o ponto de vista do conforto luminoso e da eficiência energética.

Os objetivos específicos são:

- a) Verificar a influência da luz natural como parâmetro para obtenção de melhor desempenho ambiental em edificações aeroportuárias (terminais de passageiros).
- b) Verificar, qualitativa e quantitativamente, o peso da iluminação natural no desempenho ambiental deste tipo de edificação.
- c) Identificar os aspectos arquitetônicos e indicadores ambientais mais significativos que possam apontar caminhos e estratégias para melhorar o desempenho ambiental das edificações aeroportuárias através do uso da luz natural.
- d) Avaliar o desempenho de duas edificações aeroportuárias (os terminais de passageiros dos aeroportos de Brasília e Goiânia) quanto ao uso da iluminação natural, relacionando-o com o conforto luminoso percebido pelo usuário e a eficiência energética.
- e) Despertar a atenção dos projetistas e gestores aeroportuários para a utilização da luz natural como contribuição ao melhor desempenho ambiental destas edificações

- f) Despertar a atenção dos projetistas e gestores aeroportuários para a utilização de instrumentos de avaliação de desempenho ambiental de projeto, considerando a responsabilidade de decisões de partido arquitetônico para com o desempenho ambiental da edificação.

O trabalho divide-se em duas partes: a primeira apresenta o embasamento teórico abordando as edificações aeroportuárias, mais especificamente os terminais de passageiros; a avaliação de desempenho ambiental e a iluminação natural; e parâmetros e critérios de conforto luminoso e eficiência energética em aeroportos. O presente trabalho aborda especificamente os Terminais de Passageiros (TPS), que representam a parte do complexo aeroportuário que recebe maior número de pessoas, e possui maiores necessidades e requisitos de desempenho ambiental, incluindo conforto e eficiência energética. A segunda parte apresenta procedimentos práticos e se inicia com a adaptação da ferramenta do método de avaliação de desempenho ambiental – a Matriz de Relacionamentos desenvolvida por Zambrano (2004) - para edificações aeroportuárias (terminais de passageiros), objetivando evidenciar as relações entre a luz natural e o desempenho ambiental destas edificações. A matriz atua como elemento de confirmação do papel da luz natural no desempenho ambiental das edificações aeroportuárias, a partir da análise dos Elementos da Edificação e seu relacionamento com Indicadores de Desempenho Ambiental.

Também fazendo parte dos procedimentos práticos, são apresentados dois estudos de caso em edificações aeroportuárias, com o objetivo de analisar a utilização da iluminação natural nestes edifícios e os resultados obtidos com relação à análise do projeto, à percepção dos usuários e à eficiência energética. São avaliados os Terminais de Passageiros do Aeroporto Internacional Juscelino Kubitschek, de Brasília/DF, e do Aeroporto Santa Genoveva, de Goiânia/GO, escolhidos devido à proximidade geográfica e climática entre as cidades, e das características distintas de utilização da luz natural nos respectivos projetos arquitetônicos.

Com isto pretende-se identificar os parâmetros de maior relevância que poderão ser úteis na gestão ambiental destas edificações, sob o ponto de vista dos projetistas e dos gestores dos aeroportos.

2 EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS

O mundo atual não pode ser imaginado sem os aeroportos. Estes fazem parte de um grupo de construções que surgiu no século XX a partir das conquistas da revolução industrial. Desde então sua evolução tem sido constante: apresentam dimensões cada vez maiores para atender à demanda crescente do transporte de carga e passageiros, associados a uma diversidade de novos serviços, exigências técnicas e de segurança que constantemente são incorporadas às atividades essenciais do transporte aéreo. A sua ligação aos meios de transporte público terrestre por meio dos sistemas intermodais contribui para diminuir as distâncias e o número de conexões. Além disso, sua arquitetura tem ganhado um caráter de destaque não somente devido ao seu porte e complexidade, mas pelo caráter simbólico de representar o portão de entrada de uma cidade ou país. Seus projetos são frequentemente realizados por arquitetos de renome nacional ou internacional.

O presente capítulo faz uma breve caracterização de seu processo evolutivo e tipologias, especialmente sobre os terminais de passageiros, a fim de dar suporte para o desenvolvimento desta pesquisa.

2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

A história dos aeroportos está amplamente ligada à própria história da aviação. Segundo Cuadra (2002), o primeiro aeroporto que se tem registro era apenas um aeródromo e foi construído entre 1904 e 1905 na cidade de Ohio, *Dayton*, nos Estados Unidos.

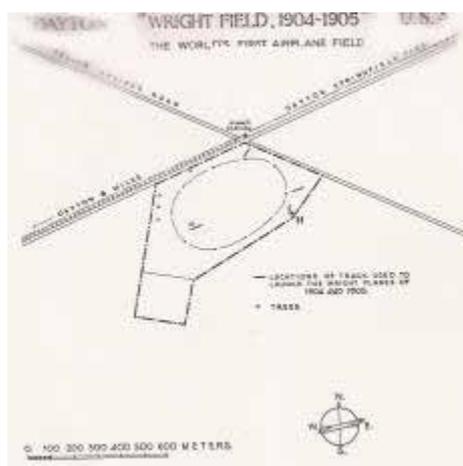


Figura 1 - Primeiro campo de aviação construído pelos irmãos Wright em 1904-1905, Dayton /Ohio – USA (CUADRA, 2002)

Tratava-se de um simples barracão que funcionava como um hangar. As pistas de decolagem e aterrissagem eram formadas a partir do cruzamento de duas estradas niveladas no campo ao redor do *Wright Field* (ver Fig. 1).

Se para muitos o crédito do pioneirismo da aviação cabe aos irmãos *Wright*, para os brasileiros é motivo de orgulho e marco nacional, o voo do 14 Bis em 23 de outubro de 1906, realizado pelo brasileiro Santos Dumont em Paris.



Figura 2 - Primeiro voo do 14 Bis criado por Santos Dumont (CABANGU, 2006)

Nos primeiros anos da aviação a aterrissagem e decolagem eram tratados como espetáculos, e as edificações serviam apenas para a guarda e manutenção das aeronaves.



Figura 3 - Aeroporto Johannistal, próximo a Berlim, 1909. As aeronaves eram atrações trísticas e a edificação apenas para abrigo e manutenção das máquinas (CUADRA, 2002)

Inicialmente as aeronaves transportavam apenas cargas, só mais tarde se iniciou o transporte de passageiros. As aeronaves evoluíram, aumentou o fluxo de vôos e viu-se a necessidade de uma infra-estrutura que desse apoio às atividades, funcionários e usuários. Assim, iniciaram-se as construções de hangares com maior capacidade, escritórios, postos de serviço de correios, depósitos, alfândegas e salas de espera para os primeiros passageiros.

Nos anos 20, a popularização da nova modalidade de transporte gerou a necessidade de criar edificações que atendessem ao complexo aeroportuário e suas ligações. Cresceram as exigências técnicas dos projetos e começaram a ser adotadas medidas de conforto e ambientação adequadas. Inicialmente as exigências de programa procuravam apenas atender as preferências dos passageiros ricos, a partir de então, passaram a ganhar a mesma importância dada a projetos de casas bancárias, restaurantes e residências, tornando-se uma nova atividade arquitetônica (CUADRA, 2002).

Os projetos de aeroportos passaram a buscar novas experimentações, formas, propostas e materiais cada vez mais modernos, e estes conceitos passaram a ser adotados por aeroportos ao redor do mundo, caracterizando-se pelo internacionalismo (CUADRA, 2002).



Figura 4 - Aeroporto John F. Kennedy, Nova York – 1962. O terminal para a TWA traz inovações formais como este de E. Saarinen, cujo projeto faz uma analogia à abertura das asas de um pássaro. (CUADRA, 2002)

Segundo Cuadra (2002), com o decorrer do tempo, além dos fatores acima, outras exigências foram acrescentadas para o bom funcionamento dos aeroportos, como a organização do funcionamento interno, melhorias no sistema viário de acesso e integração com o contexto urbano e cultural de onde ele está inserido. Altos padrões de segurança e melhoria na qualidade das acomodações passam a ser implementados, buscando níveis de conforto, reduções de ruído e diversificação dos usos de seus espaços.

A forma de apresentação de um aeroporto é importante para um país ou cidade, muitas vezes é um marco referencial do lugar, o que tem contribuído para o aumento do número de construções ou modernizações nos aeroportos existentes. Para Cuadra (2002), o anonimato e a austeridade dos edifícios não favorecem o rendimento comercial. Assim, nestes casos, a arquitetura de alta qualidade, com projetos realizados por profissionais de

grande renome são recursos utilizados para reforçar a individualidade e o reconhecimento local.

Todos estes aspectos, segundo Güller e Güller (2003), colocam os aeroportos hoje entre os elementos característicos da região metropolitana. Segundo os autores, os aeroportos exercem o mesmo papel que as estações centrais tiveram no passado, de influenciar no crescimento e forma das cidades, intensificando o movimento econômico das cidades até a periferia. Isto se deve à existência de melhores redes de infra-estrutura próxima aos aeroportos que em outras regiões mais centrais. Com isto os aeroportos vêm transformando as cidades ao redor do mundo.

A partir de 1970, surge nos Estados Unidos o termo cidade-aeroporto, utilizado para se referir aos parques tecnológicos e empresariais situados junto a um campo de aviação ou, eventualmente, para designar o município onde estava situado o aeroporto de um grande centro, como no caso de Helsinque, em que *Vantaa* era então considerada uma cidade aeroportuária (GÜLLER; GÜLLER, 2003).

Nos dias atuais, segundo Güller e Güller (2003), uma cidade-aeroporto é, sobretudo, uma estratégia empresarial da entidade gestora do aeroporto, cujo objetivo é obter benefícios das oportunidades empresariais que surgem em função da ampliação do papel do aeroporto, que vai além dos serviços de tráfego aéreo e inclui os serviços comerciais como lojas e hotéis. São atividades nem sempre diretamente relacionadas à aviação, mas que geram recursos adicionais e que se tornam cada vez mais essenciais para a gestão dos aeroportos contemporâneos. Este conceito faz parte de uma estratégia de desenvolvimento regional mais ampla, já que uma cidade-aeroporto não se mantém isolada dentro dos limites do aeroporto. Ela deve contemplar relações com a rede de tráfego terrestre, como as conexões intermodais que permitem interligar diversos meios de transporte, e ainda garantir certa flexibilização que possibilite ampliações futuras. Assim, os projetos de ampliação mais recentes têm sido motivados mais pelas novas estratégias administrativas de adição de novas atividades que propriamente do incremento das áreas de embarque e desembarque.

A gestão aeroportuária tem sido relevante no acompanhamento das transformações sofridas pelos aeroportos. Por um longo período, os aeroportos foram administrados como instituições públicas, construídos e operados pelo Estado. Atualmente, porém, têm se associado a empresas privadas, o que tem causado interferências na sua imagem e na caracterização de tarefas e planejamento. Hoje apenas cerca de vinte por cento da arrecadação dos maiores aeroportos é resultante das taxas de embarque e desembarque. O

restante vem da permissão às empresas aéreas, operadoras de sistemas de transporte de carga e aos usuários das construções adjacentes ao terminal (CUADRA, 2002).

Com este tipo de administração os empreendimentos ganham novas prioridades, conceitos vindos da iniciativa privada. A maior mudança pode ser percebida nos terminais de passageiros: estes passam a oferecer hotéis, escritórios e centros de serviços com grande diversificação de atividades. O que antes era projetado para que os passageiros permanecessem o menor tempo possível, agora oferece novas lojas, restaurantes e cinemas que criam uma atmosfera propícia para estimular o consumo e a permanência.

2.2 AEROPORTOS: CARACTERIZAÇÃO E TIPOLOGIAS

Os aeroportos, em seus primeiros cem anos de existência, passaram por diversas transformações formais e conceituais. Originalmente construídos como construções independentes em locais afastados dos centros das cidades, as transformações que eles vêm sofrendo os tornaram quase irreconhecíveis com relação ao que eram no início. Hoje grande parte das pessoas que se dirigem aos aeroportos já não vai embarcar em um avião. Os aeroportos tornaram-se zonas de atividade empresarial e geradores de emprego, bem como centros de logística e distribuição. Tornaram-se multifuncionais e requerem a integração aos sistemas de transporte regional ou local (GÜLLER; GÜLLER, 2003)

Embora a arquitetura se diferencie no aspecto formal, há um programa básico muito similar para o funcionamento dos aeroportos (CUADRA, 2002). A atividade aeroportuária tem como setores centrais a assistência em terra, o transporte de passageiros, o transporte de cargas e as atividades comerciais relacionadas com todos eles. O crescimento do tráfego aéreo tem tornado as atividades do chamado lado ar¹ cada vez mais complexas. Considerando-se que os aeroportos são construções que estão sempre sofrendo modificações, é necessário prever espaços para ampliações tanto no lado ar como no lado terra², relativo às construções de apoio (GÜLLER; GÜLLER, 2003).

Segundo Güller e Güller (2003), no passado o desenho aeroportuário era definido pela aeronáutica. Contudo, à medida que o conceito de aeroporto foi sendo ajustado e ampliado, tanto em termos de imagem, como de normas e desenvolvimento, o lado terra

¹ Termo que designa o lado do terminal de passageiros de um aeroporto relacionado aos processos de aterrissagem e decolagem de aviões

² Termo que designa em um terminal de passageiros de um aeroporto o lado relacionado às facilidades e apoio em terra para as atividades de embarque/desembarque

tem se tornado cada vez mais importante, exercendo grande influência nas decisões tomadas.

Cuadra (2002) afirma que as áreas técnicas dos aeroportos tradicionais são planejadas com base na previsão do volume de tráfego, o que inclui número de vôos, tipo de aeronave utilizada, passageiros, volume de carga, visitantes e funcionários. A partir dos tipos de vôo os planejadores deduzem o volume de bagagem que deverá ser manipulado, quanto tempo os passageiros irão gastar nas salas de embarque e portões de vôo, as exigências para controle de segurança e dos passaportes, informações sem as quais não se consegue programar o espaço físico necessário.

A definição destes parâmetros irá afetar o planejamento geral de um aeroporto, especialmente os seus elementos essenciais, que são:

- a) pistas de pouso e decolagem e pátio de manobras;
- b) áreas para estacionamento e serviços de apoio às aeronaves;
- c) instalações técnicas para manutenção das aeronaves;
- d) portões de embarque
- e) terminal de passageiros (TPS).

Os elementos secundários incluem as instalações para monitoramento do espaço aéreo, (torre de comando); a segurança do complexo; as estações, os acessos de veículos, estacionamentos e outras edificações que permitam assegurar de maneira tranqüila a transferência dos usuários para outros meios de transporte.

Segundo a Comissão de Estudos e Coordenação da Infra-estrutura Aeronáutica - CECIA (1980), as instalações aeroportuárias deverão atender a cinco tipos básicos de usuários, que apresentam diferentes necessidades e comportamentos: os passageiros embarcados, os passageiros desembarcados, passageiros em trânsito, acompanhantes e os funcionários que trabalham no aeroporto.

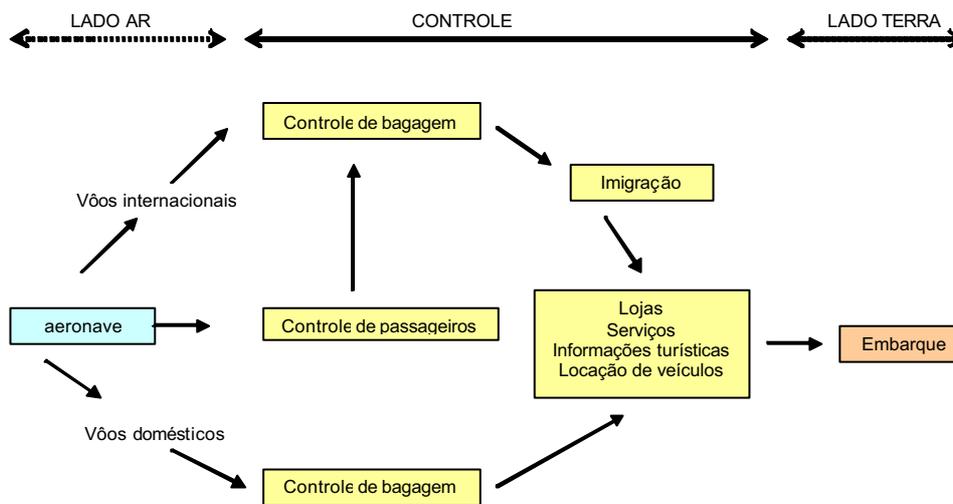


Figura 5 - Desenho esquemático mostrando dos setores de embarque e desembarque para vôos domésticos e internacionais (Adaptado de EDWARDS, 1998, apud CUADRA, 2002)

O terminal de passageiros atua como interface entre o centro gerador de tráfego (cidade, comunidade, grupamento militar, etc.) e o aeroporto, onde a carga ou o passageiro em viagem realizará uma permuta entre meios de transporte – geralmente o rodoviário e o aéreo. Ele é o principal componente do sistema terminal e um dos mais complexos de todo o aeroporto (CECIA, 1980). A capacidade do terminal, segundo Güller e Güller (2003), é determinada em primeiro lugar pela distância entre a linha de transição entre o lado ar e o lado terra e, portanto, pelo número de portas de embarque disponíveis. Ela é constituída pela capacidade dos diversos elementos que o compõem, definida em função do volume de passageiros gerado ou esperado para o aeroporto em questão (CECIA, 1980).

Para se adaptar ao crescimento do tráfego aéreo, os aeroportos devem ter capacidade para utilização de várias pistas simultaneamente. A evolução nos sistemas das aeronaves tem reduzido a interferência da ação dos ventos sobre elas, possibilitando a disposição das pistas em paralelo e permitindo realizar maior número de operações (GÜLLER; GÜLLER, 2003).

Segundo Güller e Güller (2003), a capacidade de um terminal é determinada pelo número de portas de embarque disponíveis, o que tem resultado em desenhos de terminais com edifícios telescópicos em forma de aranha, sistemas de múltiplos terminais, ou mesmo a criação de satélites conectados com o edifício principal por meio de um sistema automatizado de transporte de passageiros, muitas vezes subterrâneo. É o caso dos

aeroportos Charles de Gaulle, em Paris, ou Malpensa, em Milão, que atendem cerca de 20 milhões de passageiros por ano. Com isto, as distâncias a serem percorridas pelos passageiros são cada vez maiores e exigem medidas como a criação de sistemas internos de transporte de passageiros. Entretanto, para os gestores aeroportuários, estes problemas passam a ser vistos como vantagens comerciais, com a inserção de lojas e serviços ao longo do percurso dos passageiros, medidas que também geram polêmica junto a companhias aéreas, que se queixam de atrasos e obstrução no caminho de seus passageiros. (GÜLLER; GÜLLER, 2003).

Desta forma, existem várias tipologias adotadas para os terminais de passageiros em aeroportos, de acordo com as necessidades específicas de cada contexto. A seguir serão apresentadas algumas das mais usuais, de acordo com as descrições de Güller e Güller (2003), Cuadra (2002) e Blow (1998).

- a) Terminais lineares – caracterizam-se pela disposição linear dos balcões de *check-in* no lado terra e dos portões de embarque no lado ar. Geralmente apresentam estruturas alongadas configuradas em forma retilínea, semicircular, circular ou poligonal (CUADRA, 2002).



Figura 6 - Terminal linear – Terminal 4 do aeroporto de Heathrow, Londres (ROUTE79,2006)

- b) Terminais em forma telescópica, de píer ou “aranha” - possuem um único terminal com diversas portas de embarque ao seu redor, como por exemplo, o aeroporto de Amsterdã, Holanda (GÜLLER; GÜLLER, 2003) e Hong Kong. Os píers podem ser únicos ou múltiplos. Trata-se de uma solução compacta em que os passageiros se deslocam do hall de entrada diretamente aos portões de embarque e às aeronaves. Possuem a vantagem de poder ser planejados e executados de acordo com as necessidades. No

caso de terminais que possuem sistemas de ligação subterrâneos, os passageiros são transportados de ônibus até os aviões. Estes casos apresentam baixo custo de construção, porém com alto custo operacional. (CUADRA, 2002)

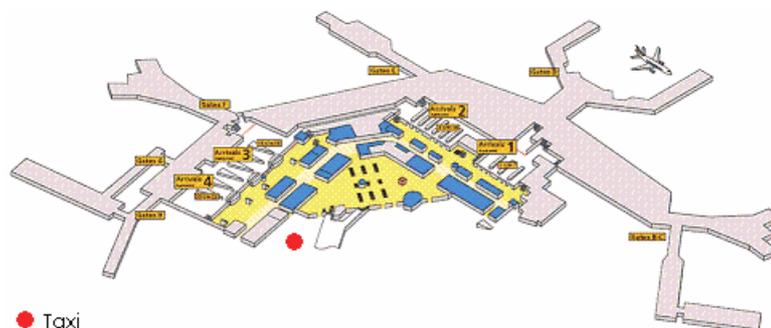


Figura 7 - Terminal com piers múltiplos no aeroporto Schiphol de Amsterdã - Holanda (SCHIPHOL AIRPORT, 2006)

c) Terminais múltiplos – consistem em vários terminais independentes que geralmente pertencem a diferentes companhias aéreas. Para estes casos é recomendável que se adote o terminal em vários níveis, que além de evitar cruzamento de fluxos indesejados, reduz as distâncias internas (CUADRA, 2002). Os aeroportos de Frankfurt (FRA) – Alemanha e Barcelona (BCN) – Espanha utilizam este tipo de solução. Nos Estados Unidos, as principais companhias aéreas possuem seus próprios terminais, como o JFK, por exemplo. Na Europa, começam a surgir alianças entre grandes companhias, que passaram a fazer exigências de terminais exclusivos. Estas medidas têm influenciado o desenho dos aeroportos. Nestes casos o acesso a terminais separados pelo lado terra para atendimento a empresas exclusivas, segundo Güller e Güller (2003), é complexo e nem sempre eficiente, pois compromete entre outras coisas a agilidade no intercâmbio entre o tráfego aéreo e o terrestre, como é o caso dos trens de alta velocidade.



Figura 8 - Aeroporto de Frankfurt (FRA), (VOLIAMSTERDAM, 2006)

d) Terminais com satélites simples ou múltiplos – Consistem em construções compactas, com as salas de embarque e desembarque conectadas por meio de túneis, pontes ou sistemas subterrâneos aos portões de embarque localizados nos satélites. É um tipo de terminal que envolve grandes distâncias, mas que pode ser ampliado facilmente. (CUADRA, 2002). Como exemplos, os terminais de Malpensa (MXP) em Milão, Kuala Lumpur na Malásia e Zurich (ZRH) na Suíça (GÜLLER; GÜLLER, 2003).



Figura 9 - Aeroporto de Zurich (ZRH) (ZURICH AIRPORT, 2006)

e) Terminais modulares – os terminais são projetados em estruturas modulares que permitem realizar futuras ampliações com mais facilidade. É o caso do aeroporto Charles de Gaulle (CDG) em Paris.



Figura 10 - Terminais modulares no aeroporto Charles de Gaulle, Paris (PAUL-ANDREU, 2006)

f) Terminais em ilhas múltiplas – possuem os portões de embarque distribuídos em várias construções lineares, formando ilhas para estacionamento das aeronaves, interligadas ao terminal principal por meio de sistemas subterrâneos de transportes sobre trilhos. É o caso dos aeroportos de Atlanta, USA e Stansted em Londres (BLOW, 1998).

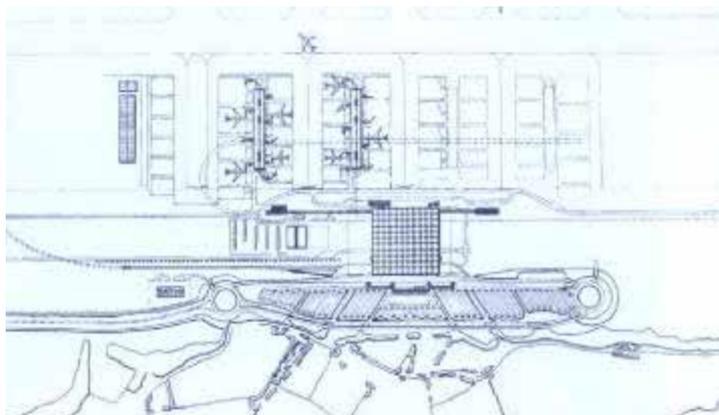


Figura 11 - Terminal com múltiplas ilhas no aeroporto Stansted, em Essex - Reino Unido (AJSPECIFICATION, 2005)

g) Terminais mistos – são aqueles que associam os sistemas acima descritos, tirando partido das vantagens de cada um a fim de se adaptarem melhor às necessidades locais. Na prática, grande parte dos aeroportos utiliza este tipo de solução (CUADRA, 2002). É o caso do aeroporto *O'Hare* de Chicago, USA que apresenta uma organização linear de satélites conectados por us sistema de transporte subterrâneo (BLOW, 1998).



Figura 12 - Terminais mistos no aeroporto O'Hare de Chicago, USA (CHICAGO AEROPUERTO, 2006)

Enquanto no passado a sala de embarque era o centro do aeroporto que ficava próxima às plataformas de voo, com o crescimento do tráfego aéreo as salas se multiplicaram, resultando em vários terminais para um só aeroporto. Aumentaram os números de usuários e as distâncias a serem percorridas, não apenas dentro dos aeroportos como em relação às cidades. Surge então uma nova geração de terminais, que

apresenta dois pólos que se comunicam na área do terminal: em um dos pólos tem-se uma estação de transporte que funciona como intercâmbio intermodal realizando as conexões regionais, no outro pólo está o centro do lado ar, que adquire grandes dimensões e conecta diversos satélites ou terminais, ocupando uma posição estratégica para coordenar a movimentação e conexão dos passageiros dentro do terminal e com o outro polo. Os aeroportos de Zurich e Frankfurt apresentam este tipo de solução (GÜLLER; GÜLLER, 2003).

Güller e Güller acrescentam que as novas conexões necessárias entre as várias salas de embarque dos terminais têm se tornado pontos de concentração de lojas, restaurantes, atividades de lazer e salas de espera. Estas são medidas que visam oferecer maior comodidade aos usuários, porém estão associadas ao enfoque comercial da gestão aeroportuária, onde as grandes distâncias percorridas pelos passageiros nos terminais, resultantes destes novos modelos, passam a ser vistas como algo rentável.

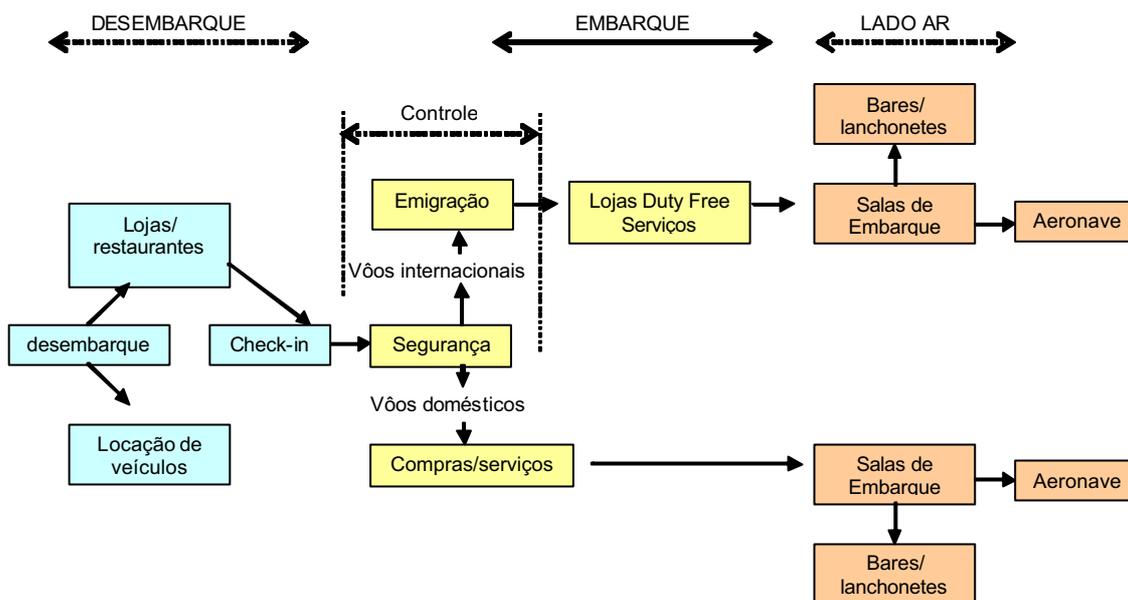


Figura 13 - Desenho esquemático mostrando a integração entre as lojas e serviços oferecidos entre as salas de embarque (Adaptado de CUADRA, 2002)

Com o incremento das atividades comerciais realizadas nos aeroportos e seguindo as tendências internacionais, a Infraero adotou no Brasil o termo *Aeroshopping*, a fim de reforçar o uso do setor comercial dos terminais prevendo instalações compatíveis com todos os usos de um *shopping center*. Soma-se a este complexo o incentivo ao turismo com a criação de redes de hotéis e espaços para convenções, procurando gerar atrativos para novos negócios, porém mantendo suas especificidades preservadas (AMORIM, 2004).



Figura 14 - Elementos de sinalização indicando as atividades relacionadas ao aershopping do Aeroporto Internacional de Brasília (Fotos da autora, 2006)

Güller e Güller (2003) sugerem ainda uma nova tipologia, a dos aeroportos híbridos, que seria uma integração entre as duas realidades que definem hoje a gestão aeroportuária: voar e realizar negócios, apontando um caminho que tende a ser seguido pelas chamadas cidades-aeroporto. Não se trataria mais de uma cidade em torno de um terminal, mas de "um terminal em volta de uma cidade limitada e hipereficiente", mantendo a sua elasticidade para permitir seu funcionamento a longo prazo, a modularidade e sua flexibilidade com relação ao planejamento urbano.

Outra classificação dos terminais aeroportuários é proposta por Blow (1998):

- a) Quanto à propriedade, podendo pertencer ao próprio aeroporto ou a empresas aéreas, para atendimento exclusivo às necessidades particulares das empresas;
- b) Quanto ao destino dos vôos: classificam-se em domésticos, destinados a vôos dentro do território ou internacionais, que exigem adequações aos procedimentos de imigração. Contudo as exigências cada vez maiores com segurança têm tornado cada vez menores as diferenças entre estes terminais;
- c) Quanto ao número de níveis para configuração de embarque e desembarque: podem ser simples, quando realizam as atividades de embarque e desembarque em um mesmo piso; ou múltiplo, quando utilizam mais de um nível para realizar as mesmas atividades. Há quatro modelos principais de configuração:

- Terminal simples em nível único com embarque e desembarque lado-a-lado – apresenta formato adequado para aeroportos de pequeno porte. É o caso do aeroporto Santa Genoveva, de Goiânia/GO;
 - Terminal com embarque e desembarque lado-a-lado em dois níveis - facilita a setorização das atividades mas exige sistemas mecânicos de elevadores e escadas rolantes. É o caso do terminal 3 do aeroporto *Heathrow* em Londres;
 - Terminal com embarque e desembarque sobrepostos - é o modelo mais utilizado pela maioria dos aeroportos, que invariavelmente posiciona o embarque no pavimento superior e o desembarque no pavimento inferior. Trata-se de um modelo econômico e conveniente tanto para os passageiros como para a movimentação das bagagens. Tem como exemplo o terminal do Aeroporto Internacional de Brasília/DF;
 - Terminal com segregação vertical - modelo adotado para terminais que possuem grande volume de passageiros e aeronaves de maior porte.
- d) Quanto à movimentação de cargas e passageiros: os terminais podem ser classificados como *hubs* quando convergem para eles um grande número de vôos em um curto espaço de tempo (BLOW, 1998). Para Güller e Güller (2003), *hub* é um aeroporto que possui grande volume de passageiros que realizam transbordos entre vôos intercontinentais e continentais ou com trens de alta velocidade (TAV). O crescente número de passageiros em trânsito nestes aeroportos e o aumento da taxa de ocupação dos aviões possibilitam ainda estabelecer serviços e rotas adicionais tanto a partir destes aeroportos como entre eles. No Brasil, o aeroporto de Brasília é considerado pela Infraero como *hub*, por servir de conexão para destinos em todo o país e apresentar grande movimentação no número de embarques e desembarques (INFRAERO, 2005).

2.3 EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS CONTEMPORÂNEAS

Tendo em vista as dimensões e as particularidades das edificações aeroportuárias, o interesse pela luz natural por parte dos projetistas é um recurso que contribui para o desempenho ambiental (conforto ambiental - conforto térmico, luminoso, agradabilidade do espaço em geral e a qualidade da luz - e eficiência energética). O uso da luz natural pode

ser um importante recurso para melhoria de desempenho ambiental global, especialmente no caso dos terminais de passageiros.

Reflexos indesejados ou a incidência da luz direta em certos locais podem ocorrer e se tornar desconfortáveis, mas a qualidade do espaço obtida pelo uso da iluminação natural pode contribuir para a redução do nível de stress dos passageiros e proporcionar um momento agradável em sua jornada (FONTOYNONT, 1999).

De acordo com Fontoynont (1999), os aeroportos apresentam edificações com grande variedade de atividades. Para grande parte dos passageiros em aeroportos, as suas maiores preocupações consistem em encontrar as informações corretas nos displays de informação, no acesso às plataformas e portões de embarque, e em ocupar-se durante o período de espera. Este é um tempo no qual se desenvolvem as mais diversas tarefas, muitas delas sob altos níveis de stress (a busca por informação do voo, retirada de bilhetes, deslocamento para áreas de embarque) e que se contrapõem com atividades menos tensas como as compras ou simplesmente a espera.

O bom projeto de iluminação responde por esta procura em oferecer a melhor qualidade de iluminação no momento de se buscar informações, direções de deslocamento, espaços de convivência e ambientes agradáveis tanto para as áreas de espera como para as de serviço.

O Terminal de Passageiros do Aeroporto *Stansted*, no Reino Unido, projetado pelo arquiteto Norman Foster em 1991, é um exemplo do bom aproveitamento da luz natural na edificação. Nele são adotados sistemas para utilização da luz natural que contribuem para o melhor conforto visual, o contato com o ambiente externo e o consumo de energia.

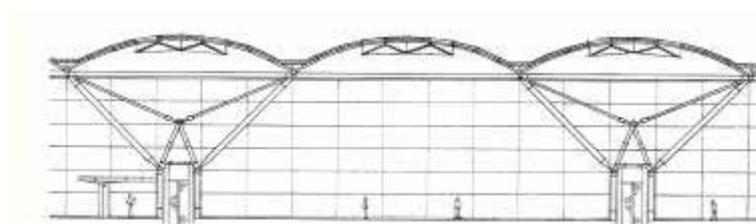


Figura 15 - Corte esquemático da estrutura de cobertura do Aeroporto *Stansted*, em Essex - Reino Unido, mostrando os dispositivos de controle de luz natural (LOE; MANSFIELD, 1997)

Trata-se de uma construção com predominância de estrutura em aço, concreto e vidro. O perímetro da construção é todo envidraçado, particularmente na entrada e áreas de

circulação principal. A cobertura possui um arranjo retilíneo de estruturas transparentes que possuem um difusor metálico perfurado que filtra a luz natural. Com isto a luz penetra no ambiente de forma difusa e é distribuída pelas superfícies claras e os materiais utilizados, proporcionando conforto visual para o ambiente (LOE; MANSFIELD, 1997).



Figura 16 - Detalhe (esq) e vista (dir) do conjunto da estrutura de cobertura do Aeroporto Stansted, no Reino Unido, mostrando os dispositivos de controle de luz natural (LOE; MANSFIELD, 1997)

O Terminal de passageiros do Aeroporto *Barajas*, em Madrid, cujo projeto de ampliação é do arquiteto Richard Rogers, é outro bom exemplo de utilização da luz natural. O novo terminal se caracteriza por uma extensa linearidade que configura da mesma forma o trajeto dos usuários ao longo das atividades relacionadas ao embarque e desembarque. O edifício se beneficia da orientação norte-sul, com as fachadas principais voltadas para leste e oeste, otimizando a proteção da edificação contra os ganhos solares.



Figura 17 - Vista geral do Aeroporto Barajas, em Madrid – Espanha. (RICHARDROGERS, 2006)

A edificação foi estruturada em seis pavimentos, sendo os três superiores destinados ao *check-in*, segurança, embarque e controle de bagagem, enquanto que os pavimentos inferiores abrigam manutenção, processamento de bagagem e traslado de passageiros entre as edificações do terminal (RICHARDROGERS, 2006).



Figura 18 - Corte esquemático do Aeroporto Barajas em Madri, mostrando os dispositivos de controle de luz natural. (RICHARDROGERS, 2006)

Os planos paralelos dos pavimentos são cortados transversalmente por estruturas verticais chamadas “árvores centrais”, que apóiam a cobertura que contém aberturas circulares formando “cânions de luz”, estratégia utilizada para levar a luz natural aos pavimentos inferiores, funcionando ainda como elementos de orientação ao longo do terminal.



Figura 19 - Vista do conjunto da estrutura dos cânions e da cobertura do Aeroporto Barajas, Madri, mostrando os dispositivos de captação de luz zenital (RICHARDROGERS, 2006)

Embora o programa não tenha estabelecido critérios ambientais, o projeto procurou maximizar o uso da luz natural para as áreas de passageiros e reduzir a dependência da iluminação artificial, ao mesmo tempo em que maximizou as transparências e vistas externas para o pátio de aeronaves e as montanhas da paisagem local. Apesar do intenso calor no verão de Madri, sempre que possível foram adotados sistemas passivos de controle, como o extenso sombreamento externo (RICHARDROGERS, 2006).



Figura 20 -Elementos de transparência e controle de luz na fachada do terminal do Aeroporto Barajas, Madri (RICHARDROGERS, 2006)

No Brasil, alguns projetos de aeroportos apresentam esta preocupação, como os de Maceió/AL e Recife/PE.

O Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional do Recife/Guararapes possui 52 mil metros quadrados de área (INFRAERO, 2007), capacidade para cinco milhões de passageiros por ano, e ainda o edifício-garagem, de 72.000 m². O edifício-garagem possui três pavimentos para estacionamento, com capacidade para 2080 veículos. O quarto pavimento abriga um espaço para eventos e exposições. O Terminal possui pavimento térreo, pisos de embarque e desembarque, andar intermediário técnico, praça de alimentação e mirante. (ARCOWEB, 2007).



Figura 21 -Vista aérea do Aeroporto de Recife/PE (ARCOWEB, 2007)

As fachadas do terminal foram projetadas em estrutura metálica formando ângulo reverso, vedadas com vidros sem reflexão e instaladas sob área de projeção da cobertura,

que além de proteger da incidência solar, auxiliando no conforto térmico, evita a refletividade dos vidros, que poderia atrapalhar a visão dos pilotos na pista de pouso (ARCOWEB, 2007).

O Terminal possui na cobertura um volume em forma de barca com 90 metros de extensão, 12 metros de largura no seu eixo central e alturas de sete metros, no centro, e quatro metros nas extremidades, com a estrutura principal em perfis de aço. As faces laterais deste volume são inclinadas negativamente, o que favoreceu o uso de vidros laminados refletivos na cor prata, pois estão longe da visão dos pilotos no momento em que as aeronaves se aproximam da pista de pouso. A face superior da barca foi vedada com telhas triplas trapezoidais de aço galvanizado, constituídas por lâminas de alumínio intercaladas por manta de lã de rocha, sendo utilizada uma telha microperfurada voltada para o interior do ambiente. Esta composição reduz a reverberação interna e contribui para reter o calor, auxiliando no desempenho térmico.

O mosaico central da barca recebeu tipos diferentes de vidros, dentre eles o laminado SKN 32 de 14 milímetros, em tom esverdeado, que apresenta fator solar de 0,23. A baixa reflexão e a alta transmissão de luminosidade fazem do SKN um vidro seletivo, que permite a passagem de luz e controla a entrada de calor. O alto custo deste vidro levou a uma solução conjugada à utilização de um tipo de vidro insulado de fabricação nacional de 28 milímetros, com a seguinte composição: temperado cinza externo de oito milímetros + câmara de 12 milímetros + laminado incolor interno de oito milímetros, com fator solar de 0,38 e desempenho térmico próximo ao do SKN.



Figura 22 - Vista interna do Aeroporto de Recife mostrando parte do volume transparente da barca da cobertura captando a luz natural (ALEN, 2007)

A Infraero fez exigências com relação às questões de conforto ambiental. Assim, foram considerados problemas como o conector, que estava disposto em área de grande insolação, e o problema da refletividade dos vidros na área da pista de pouso (ARCOWEB, 2007).



Figura 23 -Vista interna do Aeroporto de Recife mostrando o conector, parcialmente mantido sob o beiral da cobertura (ARCOWEB, 2007)

Segundo Arcoweb (2007), a utilização da iluminação natural no interior dos ambientes promove o conforto visual e redução de custos com energia elétrica, associada ao conforto térmico e acústico. O Terminal utiliza ainda o Sistema Sapios, que controla a vazão do ar-condicionado para os ambientes, a velocidade das escadas rolantes e esteiras de bagagens, de acordo com a demanda para utilização dos equipamentos, otimizando também o consumo de energia.



Figura 24 -Vista interna do Aeroporto de Recife/PE, e a associação entre luz natural e artificial (ARCOWEB, 2007)

O aeroporto dispõe ainda de sensores de presença que evitam o gasto de energia em áreas que não estão sendo utilizadas em determinado período de tempo e relés

fotoelétricos, que controlam o acionamento das lâmpadas nas áreas que dispõem de luz natural (ARCOWEB, 2007).

2.4 OS AEROPORTOS E A QUESTÃO AMBIENTAL

Uma unidade aeroportuária pode trazer grandes benefícios para o município e para a região onde está situada, gerando empregos, ampliando as possibilidades de negócios, induzindo e até mesmo acelerando o desenvolvimento dessa região. Güller e Güller (2003) apontam que o desenvolvimento aeroportuário apresenta uma mistura polêmica de vantagens e desvantagens. Os aeroportos, com o alcance dos mercados em escala mundial, transformaram-se em fatores decisivos na competição entre as regiões em que estão localizados. Os autores ressaltam ainda que a manutenção, ou mesmo a ampliação desta capacidade gera uma demanda de terreno sem precedentes. O impacto de desenvolvimento local resulta em problemas ambientais de efeitos negativos, como é o caso das áreas de ruído que se tornam cada vez maiores.

Segundo Jack Short, secretário geral da Conferência europeia de ministros de transporte (GÜLLER; GÜLLER, 2003), a aviação é o meio de transporte de maior crescimento na Europa e vem crescendo a uma média de 6% ao ano. Este é um fenômeno que vem ocorrendo em todo o mundo. Com isto os aeroportos devem garantir capacidade suficiente para se adaptar a esta tendência. Short aponta ainda que o crescimento vem ocorrendo, porém em um ritmo mais lento que a demanda, o que se deve ao fato de que estes equipamentos produzem grandes mudanças na ordenação territorial e exercem efeitos bastante prejudiciais ao meio ambiente. São dados que fazem com que “a avaliação, projeto e construção de novas instalações sejam um processo polêmico e cada vez mais amplo”.

No Brasil, a Infraero³ é a empresa, vinculada ao Ministério da Defesa, que administra 66 aeroportos, 81 unidades de apoio à navegação aérea e 32 terminais de logística de carga. Nos últimos anos, para atender aos crescentes requisitos de desempenho ambiental de

³ A cada ano, cerca de 250 milhões de pessoas passam por estes aeroportos, sendo aproximadamente 75 milhões de passageiros. Em 2003, o número de operações foi de cerca de dois milhões de pousos e decolagens; 1,2 milhões de toneladas de cargas aéreas armazenadas e paletizadas por ano. O Aeroporto de Guarulhos, em São Paulo, o maior em número de passageiros da rede, gera cerca de 53 mil empregos diretos e indiretos, possui movimento diário superior a 100 mil pessoas e um movimento anual que chega a 12 milhões de passageiros (INFRAERO, 2005).

edificações, tornou-se necessária a implementação de uma política ambiental para elaborar um planejamento sobre as ações ambientais da empresa

O Plano de Desenvolvimento Aeroportuário (PDA) normalmente é apresentado em um volume resumido que segue modelo oferecido pela Infraero. Trata-se de um trabalho multidisciplinar que envolve áreas técnicas e administrativas e conta com informações obtidas de diversos órgãos locais e regionais como IBGE, dados do governo e secretarias do estado, concessionárias de água, energia. São coletados dados urbanos, ambientais que, cruzados com os dados do aeroporto em questão, irão gerar estudos de demanda, levantamento das alternativas de planejamento e desenvolvimento, para enfim, apresentar as diretrizes urbanas e ambientais dos aeroportos para o período dos cinco anos subsequentes (THEMAG, 2002). Contudo, trata-se de um instrumento que aponta uma visão global do problema do aeroporto como um todo, que irá apontar as áreas mais críticas a serem trabalhadas.

Considerando que o presente trabalho aborda dentro da temática ambiental a questão da iluminação natural, que tem relação direta com o consumo de energia, vale ressaltar que o Termo de Referência para a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental para aeroportos, incluindo-se aí os terminais de passageiros, [IAC, 1994?] preconiza que devem ser apresentadas e analisadas as previsões de demanda de energia elétrica dos aeroportos em seu planejamento, avaliando-se o consumo dos diversos sistemas de iluminação, condicionamento de ar, equipamentos, levando-se em conta o impacto do projeto no sistema e na rede local de fornecimento de energia.

Todos estes elementos fazem dos aeroportos um rico espaço para desenvolvimento de pesquisas e ações visando seu compromisso com o desenvolvimento sustentável apoiado no respeito aos meios sociais, econômicos e ambientais. Especialmente os TPS, que devido ao grande número de usuários e às características de suas edificações, geram impactos ambientais e exigem condições adequadas de conforto ambiental, eficiência energética ao longo de sua vida útil.

3 DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS: critérios e métodos de avaliação

A indústria da construção civil, particularmente no que envolve a construção, operação e demolição de edifícios, é apontada por Silva; Silva e Agopyan (2003a) como a atividade humana que produz maior impacto sobre o meio ambiente. Edwards (2001) complementa que a indústria da construção absorve cinquenta por cento de todos os recursos mundiais, o que a coloca como a atividade menos sustentável do planeta. De acordo com Silva (2003), as atividades de construção, uso, reparo, manutenção e demolição consomem recursos e geram resíduos em proporções que superam a maioria de outras atividades econômicas.

Por outro lado, a vida cotidiana não acontece sem o espaço construído. Neste cenário, é urgente que se promova uma revisão nos modelos adotados nas construções, o que reforça e exige preparação cada vez maior dos arquitetos e projetistas. De acordo com Zambrano (2004), é cada vez mais importante a determinação de critérios de projeto que garantam à arquitetura maior identificação com o espaço, o conforto dos usuários e a redução no consumo de energia. Silva (2003) acrescenta ainda que o impacto ambiental de um edifício durante seu longo ciclo de vida inclui soluções de projeto, produtos e materiais utilizados na sua construção, bem como aspectos de manutenção e uso do edifício.

As Avaliações de Desempenho Ambiental vêm sendo utilizadas nas mais diversas áreas de produção, tais como transportes, serviços de saúde, suprimento de energia elétrica, empresas públicas e privadas, visando melhorar o desempenho ambiental de cada uma, atender às normas vigentes e aumentar a eficiência das operações adotadas (ZAMBRANO, 2004). Hoje em dia, os Estados Unidos, Canadá, Austrália, Japão e Hong Kong e, praticamente cada país europeu, possuem seu sistema de avaliação de edifícios, cujas pesquisas são estimuladas por agências governamentais, instituições de pesquisa e pelo setor privado de diversos países. (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003a).

3.1 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL

Embora venham sendo estimuladas as pesquisas para melhoria do desempenho ambiental dos edifícios, Silva; Silva e Agopyan (2003b) alertam para o fato de que as principais referências de avaliação ambiental para edifícios hoje adotadas baseiam-se em métodos estrangeiros, realizados em países com latitudes e condições sociais, econômicas e ambientais diferentes das do Brasil.

Alguns exemplos de avaliação ambiental de edificações existentes são os métodos BREEAM⁴, LEED⁵, GBC⁶ e HQE⁷, utilizados para avaliação e certificação de edifícios. Eles podem ser utilizados como *checklist*, a partir do qual é obtida a certificação do desempenho ambiental do edifício estudado, avaliado pela sua comparação com outros modelos (*benchmarking*)⁸. Estes esquemas servem como diretrizes para projeto e têm como objetivo estimular a realização de construções ambientalmente responsáveis, a consciência ambiental dos consumidores e a transformação do mercado. (DEGANI, CARDOSO, 2002).

Assim, com base na norma ISO 14031 e em elementos do HQE, Zambrano (2004) descreve um método para Avaliação de Desempenho Ambiental, do qual faz parte a Matriz de Relacionamentos, que relaciona Elementos da Edificação (baseado no HQE) e Indicadores Ambientais (de várias fontes, ver ZAMBRANO, 2004, pág 98). Dentre as vantagens desta Matriz está o fato de ser um método claro e abrangente, respaldado pela norma ISO 14031 e pelo HQE, e já adaptado para a realidade brasileira.

Segundo a ABNT NBR ISO 14031(2004)⁹, desempenho ambiental pode ser definido como a avaliação do nível de conformidade de determinado ambiente em relação à legislação existente, às normas técnicas e/ou às metas estabelecidas pela própria

⁴ BREEAM – *Building Establishment Environmental Assessment Method* – o primeiro e mais conhecido sistema de avaliação ambiental de edifícios, desenvolvido no Reino Unido. (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003b)

⁵ LEED – *Leadership in energy and Environmental Design*, desenvolvido nos Estados Unidos (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003b)

⁶ GBC – Green Building Challenge, um consórcio internacional de vários países, inicialmente apoiada pelo governo do Canadá. Apresenta-se como um método para avaliar o desempenho de edificações, “desenvolvido especificamente para refletir as diferentes prioridades, tecnologias, tradições construtivas e até mesmo valores culturais de diferentes países ou regiões em um mesmo país” (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2003a).

⁷ HQE - Haute Qualité Environnementale - método desenvolvido na França a partir de 1993 para a Alta Qualidade Ambiental das construções.

⁸ Os estudos acerca dos métodos de avaliação de edificações encontram-se em estágio avançado, mas ainda há muito que fazer para se obter métodos que gerem resultados palpáveis. A maior parte dos métodos de avaliação disponíveis gera resultados baseados em pontuações, notas e certificações que são informações pouco nítidas, no entendimento do perfil de um edifício com alto nível de desempenho ambiental; devem ser consideradas as características e o contexto de cada país de origem e, além disso, faltam modelos de desempenho reconhecidos pelo mercado (*benchmarks*), assim como padrões normativos e dados específicos das localidades e contextos onde se procedem com as avaliações (ZAMBRANO, 2004).

⁹ A ISO 14031 é uma norma internacional que fornece orientações para o projeto e uso da avaliação de desempenho ambiental em uma organização, qualquer que seja seu tipo, tamanho, localização e complexidade sem, contudo, estabelecer níveis de desempenho ambiental ou atuar como norma de especificação para certificação, registro ou requisitos de conformidade de um sistema de gestão ambiental. Trata-se de um processo contínuo de gestão interna que utiliza indicadores para fornecer informações através de comparação do desempenho ambiental de uma organização.

organização em relação ao meio ambiente, à manutenção destas e ao seu aprimoramento. Já a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) é um processo de gestão interna, planejado para proporcionar uma gestão com informações confiáveis e verificáveis, em base contínua para determinar se o desempenho ambiental de uma organização¹⁰ está adequado aos critérios estabelecidos pela sua administração (ZAMBRANO, 2004).

A ADA apresentada na norma ISO 14031 é um processo definido segundo critérios de PDCA (*plan, do, check, act*) e Indicadores¹¹ de Desempenho Ambiental. Trata-se de um método de aplicação voluntária cujo objetivo é melhorar continuamente o desempenho ambiental da edificação com relação ao espaço físico e aos usuários (ZAMBRANO, 2004). Segundo Putnam (2002, *apud* Zambrano 2004), com base no critério de que “o que é medido é gerenciado”, a ADA procura “descrever um processo formal de medir, analisar, reportar e comunicar o desempenho ambiental de uma organização” ou edificação, cujos dados irão informar o quão efetivamente são gerenciados os seus aspectos ambientais.

Uma ADA pode ter diversos propósitos, dentre os quais Cavaliere (1997) *apud* Zambrano (2004), destaca:

- a) Medir, avaliar e analisar o desempenho ambiental, oferecendo dados e informações atuais, relevantes, corretos e consistentes;
- b) Apoiar as políticas, objetivos e metas ambientais de gestão e as iniciativas voluntárias que transcendam o atendimento dos requerimentos mínimos de conformidade legal regulamentar;
- c) Aprimorar e corrigir o desempenho ambiental, criando as bases para a melhoria contínua;
- d) Compreender melhor os efeitos ambientais das atividades da organização ou edificação;

¹⁰ Organização, segundo a ABNT NBR ISO 14031 (2004), pode ser uma companhia, corporação, firma, empresa ou instituição, ou parte ou combinação destas, pública ou privada, sociedade anônima, limitada ou com outra forma estatutária, que tem funções e estrutura administrativa próprias, o que permite o enquadramento de um aeroporto como uma organização. No presente trabalho, a ADA será direcionada a uma das partes da organização aeroportuária: as edificações, mais especificamente, aos Terminais de Passageiros.

¹¹ Indicador de Desempenho Ambiental, de acordo com a ABNT NBR ISO 14031, é a expressão específica que fornece informações sobre o desempenho ambiental de uma organização.

- e) Contribuir para a constante identificação e priorização de políticas, objetivos e metas ambientais;
- f) Demonstrar conformidade com os critérios adotados;
- g) Comunicar para as partes interessadas internas e externas;
- h) Avaliar riscos ambientais.

O HQE tem sua aplicação voltada para a programação, avaliação e decisão de projetos (BAKER 2004, *apud* ZAMBRANO, 2004), e é definido como “a capacidade de uma construção de preservar os recursos naturais e responder às exigências de conforto, saúde e qualidade de vida.” (ASSOCIATION CAP CONSOMMATEURS *apud* Zambrano, 2004). O método se baseia na associação de conceitos arquitetônicos com metas ambientais pré-selecionados e pode ser aplicado a todos os tipos de programas e setores da edificação, incluindo construções novas ou em fase de reabilitação. Dentre os objetivos do HQE estão: gerenciar o consumo energético do projeto; garantir a qualidade do ar interior para saúde e conforto dos usuários; controlar o impacto no entorno do edifício e a otimizar e preservar os recursos naturais. De acordo com o HQE, o cruzamento entre os aspectos arquitetônicos e as metas ambientais irá gerar indicações e recomendações para os aspectos que se apresentarem como os mais relevantes (Zambrano, 2004).

O quadro 1 apresentado na página seguinte traz um resumo das principais características dos métodos de Avaliação de Desempenho Ambiental citados no presente trabalho.

BREEAM	LEED	GBC	HQE
<i>Building Stablishment Environmental Assessment Method</i>	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>	<i>Green Building Challenge</i>	<i>Haute Qualité Environnementale</i>
Reino Unido, 1990	USA, 1999	Canadá, 1996 (início); consórcio internacional	França, 1993
Direcionado ao marketing de edifício, projetistas e empreendedores (Mercado)	Facilita a transferência de conceitos para profissionais e indústria (Mercado)	Ciclos sucessivos de pesquisas e difusão de resultados (Pesquisa)	Metodologia de apoio ao projeto: avaliação, programação e decisão (Mercado)
<i>Checklist</i>	<i>Checklist</i>	<i>GBTool</i>	<i>Certificação HQE</i>
Atendimento a níveis mínimos de desempenho, projeto e operações do edifício	Analisa o desempenho do edifício ao longo de todo o seu ciclo de vida	Protocolo de avaliação de base comum, mas que respeita as diversidades técnicas e regionais	Aplicável a todos os tipos de programas e setores da edificação, construções novas ou reabilitações
Atribuição de créditos ambientais	Atribuição de créditos para critérios pré-estabelecidos	Estabelece <i>benchmarks</i> ;	Cruzamentos entre os conceitos arquitetônicos e metas ambientais pré-selecionadas
Análise documental; verificação de presença de dispositivos; inclui aspectos de gestão ambiental	Adota normas e princípios ambientais de organismos como ASHRAE,DOE.	Indicadores de sustentabilidade	Problemática/conceitos arquitetônicos/parâmetros sensíveis/critérios ambientais/indicadores

Quadro 1 Principais características dos métodos de Avaliação de Desempenho Ambiental

Fonte: SILVA; SILVA; AGOPYAN, (2003b); SILVA; SILVA; AGOPYAN, (2003^a); ZAMBRANO, (2004).

Em síntese, as edificações têm muito a contribuir para o desempenho ambiental das organizações. No entanto, os gestores ambientais muitas vezes desconhecem certos aspectos ambientais relativos à edificação ou não dispõem de meios para decidir por melhores alternativas ambientais. É importante que as decisões das organizações tenham suporte técnico especializado conforme cada assunto, com relação às implicações ambientais de suas decisões. Isto contribuirá para que elas realmente sejam sustentáveis ambientalmente, socialmente e economicamente (ZAMBRANO; BASTOS; SLAMA, 2004).

Acredita-se que na medida em que a Avaliação de Desempenho Ambiental das edificações se aproxima das esferas de gestão ambiental das organizações, por meio da utilização de instrumentos de avaliação, será possível alcançar uma forma eficaz de tratar do problema ambiental relacionado às edificações e conduzir à melhoria da qualidade dos edifícios avaliados. Deve-se procurar despertar os investidores e gestores para o fato de que projetos ambientalmente responsáveis são mais duráveis, econômicos, eficientes, além de oferecerem ambientes mais saudáveis e confortáveis para seus usuários (SILVA, 2003).

3.1.1 Métodos de Avaliação de Desempenho Ambiental em edificações aeroportuárias no Brasil

No Brasil, a Infraero adota um Sistema de Gestão Ambiental fundamentado em três linhas principais de trabalho, que norteiam os programas e ações ambientais (INFRAERO, 2005):

- a) Atendimento à legislação: reúne ações que visam o cumprimento da legislação ambiental.
- b) Ecoeficiência: objetiva a implementação de ações preventivas, visando a utilização eficiente dos recursos naturais, o aumento de produtividade e a redução de custos.
- c) Educação e comunicação: prioriza ações de conscientização do público interno e externo e prevê a promoção de campanhas de educação ambiental nos aeroportos, bem como apoio a programas de preservação da flora e fauna.

A política ambiental da Infraero, com seus objetivos e metas gerenciais, é implementada através dos programas definidos pelo Comitê de Gestão Ambiental, sendo suas respectivas ações executadas pela Superintendência de Meio Ambiente e Energia e pelas áreas de meio ambiente das superintendências regionais. Dentre os programas existentes estão:

a) Assessorias estratégicas ;

- Objetivo: disponibilizar serviços especializados que permitam levar a bom termo o licenciamento ambiental de empreendimentos estratégicos em aeroportos.

b) Prevenção de riscos e emergências ambientais

- Objetivo: identificar os riscos ambientais existentes nos sítios aeroportuários, possibilitando o estabelecimento de ações integradas de prevenção e correção para o aumento da segurança ambiental.

c) Ruído

- Objetivo: estudos sobre as curvas de ruído dos seus aeroportos e nos projetos arquitetônicos de suas instalações e prevê gestão conjunta com os municípios visando a adequação do uso do solo em função dos Planos de Zoneamento de Ruído.

d) Ruído não-aeronáutico

- Objetivo: adoção de processos de melhoria contínua na manutenção e na inspeção de veículos.

e) Planejamento do uso e ocupação do solo

- Objetivo: identificar o impacto sonoro causado pelos aeroportos em seu entorno e indicar ações efetivas para correção.

f) Conservação de energia

- Objetivo: reduzir o consumo de energia elétrica nos complexos aeroportuários¹². Neste aspecto, insere-se de forma determinante o terminal de passageiros aeroportuário.

¹² Em 2003 a Infraero fez uma reavaliação do plano diretor de energia, enfocando a nova legislação do setor elétrico e seus impactos nos programas da Infraero. Seguem algumas ações adotadas: as novas instalações dos aeroportos de Vitória, Santos Dumont, Goiânia e Macapá serão dotadas de equipamentos e sistemas com baixos índices de consumo de energia e mais adequados do ponto de vista ambiental; em 2003, os equipamentos de produção de água gelada para os sistemas de ar condicionado que utilizavam R-11 - refrigerantes com CFC - instalados nos aeroportos de Guarulhos, Congonhas e Galeão, foram substituídos por equipamentos mais adequados do ponto de vista ambiental e energético; em 2004, o Programa Conservação de Energia, em convênio com a Eletrobrás/PROCEL, elabora diagnósticos energéticos e reavalia os contratos de fornecimento de energia elétrica (INFRAERO, 2005).

g) Controle da poluição atmosférica

- Objetivo: minimizar a poluição atmosférica decorrente da operação dos aeroportos¹³.

h) Energias alternativas

- Objetivo: contribuir para a redução das emissões poluidoras atmosféricas locais e globais, adotando combustíveis alternativos assim como fontes de energia renováveis e limpas ambientalmente¹⁴.

i) Educação ambiental

- Objetivo: conscientizar a comunidade aeroportuária e o entorno dos aeroportos sobre os aspectos ambientais da atividade aeroportuária, e geração de emprego e renda para as comunidades carentes da área de entorno aos aeroportos.

j) Gestão de informações

- Objetivo: melhor controle ambiental no entorno dos aeroportos administrados pela Infraero¹⁵.

k) Contabilidade ambiental

¹³ A Universidade Federal do Rio de Janeiro, através da COPPETEC, elaborou estudo sobre poluição do ar decorrente da operação dos aeroportos. O estudo demonstrou que as concentrações de poluentes atmosféricos oriundas das atividades aeroportuárias estão muito abaixo dos níveis máximos permitidos pelo CONAMA e por outros órgãos ambientais internacionais (INFRAERO, 2005).

¹⁴ Alguns exemplos de ações nesta linha: implantação de sistemas de captação de energia solar térmica para aquecimento de água nos aeroportos de Guarulhos, Florianópolis, Porto Alegre e Curitiba; estudos relacionados ao Projeto Biodiesel, visando a implantação de uma planta piloto de produção no aeroporto do Galeão, para alimentar parte da frota de veículos e geradores elétricos;

levantamentos e medições das características do vento na área do Aeroporto de Fortaleza, com o objetivo de identificar o potencial eólico e viabilidade de interligação dessa geração ao sistema existente; estudo de viabilidade para implantação de uma PCH – pequena central hidrelétrica - de 500 kW, à jusante da barragem da Pampulha, em área pertencente ao aeroporto visando atender 40% da demanda contratada atualmente para o terminal de passageiros do aeroporto; implantação de uma planta de cogeração de 1.600 kW de potência no aeroporto de Maceió para consumo de gás natural pelos grupos-geradores, tornando o aeroporto auto-suficiente em energia elétrica e utilizando o volume de água gelada gerado no processo nos sistemas de ar condicionado (INFRAERO, 2005).

¹⁵ O SIGMA (Sistema de Informações Geográficas do Meio Ambiente), elaborado pelo Grupo de Tecnologia em Computação Gráfica da TECGRAF/PUC - Rio, permite obter, integrar e dispor de informações geográficas e alfanuméricas confiáveis e atualizadas para os aeroportos administrados pela Infraero, tais como dados sobre instalações aeroportuárias; ações ambientais em curso; informações ambientais para o planejamento de forma a auxiliar nas tomadas de decisão sobre ampliações pretendidas; informações para operações, segurança e navegação (INFRAERO, 2005).

- Objetivo: sistematização de procedimentos para a contabilização ambiental das ações da empresa. Tais ações realizadas pelos aeroportos, visam a eficiência do consumo de energia elétrica, a economia no consumo de água, a redução do uso de combustíveis e a incineração de resíduos sólidos, aspectos relacionados diretamente ao terminal de passageiros.

l) Avifauna

- Objetivo: reduzir os riscos de acidentes aeronáuticos decorrentes de colisões com aves.

3.2 FERRAMENTA DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL: a Matriz de Relacionamentos

A Matriz de Relacionamentos faz parte do método de avaliação de desempenho ambiental de edificações desenvolvido por Zambrano (2004), que incorpora o conhecimento das interações ambientais envolvidas nas edificações e busca a melhoria contínua das mesmas. Segundo Zambrano; Bastos e Slama (2004), o método proposto pretende ser um instrumento “adequado às características de nossa cultura, que considere os aspectos locais e que atenda à premissa de sua aplicação na gestão ambiental”.

De acordo com Zambrano, Bastos e Slama (2004), neste método o desempenho ambiental das edificações é realizado com base na adoção do roteiro metodológico e o uso de indicadores de desempenho que segue a estrutura da norma internacional ISO 14031 – Avaliação de Desempenho Ambiental. O método completo abrange quatro etapas: planejamento, avaliação de desempenho, revisão e melhoria, sendo que a ferramenta Matriz de Relacionamentos faz parte da primeira etapa, a Etapa de Planejamento. As quatro etapas serão brevemente descritas a seguir:

- 1) A Etapa de Planejamento é a primeira e tem como objetivo conhecer o objeto de estudo, definir os Elementos da Edificação que serão avaliados e fazer a seleção de Indicadores Ambientais (IDA).

Os Elementos da Edificação abrangem os diversos elementos que compõem a edificação. Estes, por sua vez, quase sempre estão associados a diversos fatores como, por exemplo, desempenho técnico, atendimento a condições dos usuários, atendimento a limites ambientais admissíveis, etc.compreendem aspectos de

implantação, morfologia do edifício, materialidade, espacialidade e instalações prediais, e são os mesmos utilizados em HQE¹⁶ (Zambrano, 2004, pp. 98)

Os Indicadores Ambientais são “valores medidos que, quando comparados com padrões de desempenho, expressam o desempenho ambiental de um dado elemento da edificação”. Os indicadores foram obtidos através de pesquisas na área de meio ambiente (gestão e desempenho ambiental) e desempenho da edificação¹⁷.

A essência da Etapa de Planejamento está na definição dos Elementos da Edificação mais críticos e os Indicadores Ambientais que se modificam em função do desempenho destes elementos. Com o conhecimento das interações consideradas relevantes no caso estudado e do nível de relacionamento entre cada elemento e os indicadores, encaminham-se as etapas subseqüentes de medições e avaliações do desempenho de cada elemento da arquitetura, e ainda as orientações quanto a mudanças que venham a melhorar o seu desempenho em relação ao meio ambiente.

Nesta etapa, a Matriz de Relacionamentos irá permitir a identificação dos Elementos da Edificação de maior influência sobre os Indicadores Ambientais, que deverão ser alvo de monitoramento e ações com o objetivo de alcançar o melhor desempenho ambiental das edificações avaliadas.

- 2) A segunda etapa do processo de ADA é a avaliação do desempenho feita a partir do levantamento inicial dos aspectos mais relevantes selecionados na etapa de planejamento.
- 3) A terceira etapa do método é a revisão, que faz uma reavaliação do desempenho da edificação após um período de implantação das modificações sugeridas na etapa de avaliação e possibilita o planejamento das modificações necessárias ao desempenho ambiental esperado.
- 4) A quarta etapa está ligada ao acompanhamento com relação às melhorias do processo. Nela é feita a verificação de oportunidades de melhorias e implantação de novos aspectos ambientais a serem monitorados; examina-se a adequação dos indicadores selecionados; analisa-se a qualidade da informação gerada com o

¹⁶ ADOLPHE, 1998, 2003; FERNANDEZ, 2002 e LASSANCE, 2002 apud Zambrano (2004)

¹⁷ Fontes dos indicadores: GOTTFRIED, 1996; CAVALIERE, 1997; MEYER, 2000; BACCALI, 2001; PANEK, 2001; FERNANDEZ, 2002; PUTNAM, 2002; IBGE, 2002; OCDE, 1993 em CONSORCIO PARCERIA 21, 2001 (ZAMBRANO, 2004).

processo; planejam-se novos indicadores e novas rotinas de monitoramento (ZAMBRANO, 2004).

Segundo Zambrano (2004), este é um estudo a ser aprimorado, tanto com relação ao processo quanto às suas ferramentas, visando um ambiente construído melhor, valorizando o estudo dos impactos dos edifícios na esfera local, ou seja, o estudo do ambiente local, as relações entre ambiente interno e externo e os impactos dos edifícios sobre a vizinhança.

Considerando a fase de planejamento como a mais relevante para a definição dos parâmetros de avaliação, este trabalho irá se ater a esta etapa, mais especificamente na aplicação da Matriz de Relacionamentos como ferramenta inicial de identificação da importância da iluminação natural no desempenho de edificações aeroportuárias.

A Matriz de Relacionamentos, mesmo fazendo parte especificamente do método de Avaliação de Desempenho Ambiental desenvolvido por Zambrano (2004), possui estruturação e abrangência mais amplas que permitem sua utilização independente, tanto como instrumento de apoio para projeto e gestão destas edificações - que é o modo como será aplicada no presente trabalho - ou mesmo em outros métodos de Avaliação de Desempenho Ambiental.

Embora a Matriz necessite ser complementada por outras ferramentas mais específicas, ela se mostra adequada para a aplicação em edificações aeroportuárias (terminais de passageiros), por identificar o nível de relações entre os Elementos da Edificação e os Indicadores Ambientais, e ainda, por apontar os elementos mais relevantes a ser trabalhados, a fim de que possam contribuir para o desempenho ambiental destes edifícios.

Segundo Zambrano; Bastos e Slama (2004), a Matriz de Relacionamentos “favorece a verificação de cada elemento da arquitetura e suas diversas interações ambientais, permitindo verificar os indicadores de desempenho que deverão ser monitorados”.

Na Matriz de Relacionamentos, segundo Zambrano (2004), para que cada Elemento da Edificação possa ser medido, avaliado e monitorado, faz-se necessário o entendimento mais aprofundado de cada um deles e de sua influência sobre os Indicadores Ambientais. Desta forma, a aplicação da Matriz faz o cruzamento dos Elementos da Edificação com os

Indicadores Ambientais e seu estudo permite observar que existem várias inter-relações de causa e efeito, que podem ser dimensionadas em função do grau de relação entre eles.

A avaliação e a posterior geração de recomendações para modificações arquitetônicas devem considerar que um Elemento da Edificação modificado pode acarretar alterações para melhor ou para pior em diversos indicadores. Assim, o planejamento de recomendações para melhoria de desempenho de um dado Indicador Ambiental requer a avaliação de comportamento de outros Elementos da Edificação que poderão ser afetados pelas mudanças sugeridas ou vice-versa.

A Matriz de Relacionamentos está disposta em linhas e colunas, onde as linhas trazem as condicionantes de projeto selecionadas e definidas como Elementos da Edificação. As colunas trazem os Indicadores Ambientais. A Figura 25 apresenta a estruturação da Matriz de Relacionamentos adotada no método proposto por Zambrano (2004).

**INSERIR MATRIZ ORIGINAL EM FOLHA A3
DOBRADA**

Figura 25 -Estrutura da Matriz de Relacionamentos original (Zambrano, 2004), com o agrupamento em categorias dos Elementos da Edificação (nas linhas) e Indicadores Ambientais (nas colunas) , ferramenta do método para avaliação do desempenho ambiental das edificações.

A seguir são relacionados os Elementos da Edificação e os Indicadores Ambientais de acordo com as categorias especificadas na Matriz de Relacionamentos:

ELEMENTOS DA EDIFICAÇÃO

Os Elementos da Edificação compreendem cinco categorias: Implantação, Morfologia, Materialidade, Espacialidade e Instalações Prediais.

a) Categoria 1: Implantação

Acessos; estacionamento; circulação; local de Implantação (topografia); taxa de ocupação no terreno; área livre de terreno, reservas naturais, paisagismo; insolação; ventos; precipitações; temperatura local; umidade; construções vizinhas e redes de infra-estrutura.

b) Categoria 2: Morfologia do edifício

Fachadas; forma da edificação; área ocupada/pessoa (densidade); escadas (localização, distância entre escadas); elevadores (quantidade, relação com a população); rampas (acessibilidade) e embasamento (relação prédio/solo).

c) Categoria 3: Materialidade

Sistema estrutural (estabilidade); materiais opacos de vedação (inércia e isolamento); transparências (sistemas de abertura, proporção, radiação, inércia, isolamento); e proteções (coberturas, brises e marquises).

d) Categoria 4: Espacialidade

Distribuição dos espaços (relações de proximidade, riscos, distâncias e zoneamento); atendimento à necessidade de espaços (áreas e funções); ambiência higrotérmica; ambiência lumínica; ambiência sonora; ambiência olfativa e energia elétrica.

e) Categoria 5: Instalações prediais

Iluminação natural e artificial (estratégias para distribuição da luz); ar condicionado, ventilação e exaustão mecânica; abastecimento de água e instalações hidráulicas; esgotamento e tratamento de resíduos líquidos; drenagem; segurança contra incêndio;

segurança e supervisão predial; sistemas de comunicação; instalações de gases e líquidos especiais; instalações mecânicas (elevadores, etc); outras instalações; e equipamentos e máquinas da produção.

INDICADORES AMBIENTAIS

Os Indicadores Ambientais estão agrupados em três categorias de análise que se distribuem entre as três dimensões ambientais global, local e do espaço interior, adotadas para a classificação dos Indicadores Ambientais de acordo com seu campo de atuação, e que também podem ser estudados separadamente dentro das ações específicas para a avaliação do desempenho ambiental das edificações (ZAMBRANO, 2004). Estas Dimensões subdividem os Indicadores Ambientais em dez Domínios, que se agrupados conforme os temas abaixo relacionados:

a) Domínio: EMISSÕES

a.1 dimensão global: Emissões de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, SO₂, N₂O) (1); Emissões de SDOs (Substâncias que destroem a camada de ozônio) (2); Emissões de poluentes atmosféricos (3)

a.2 dimensão local: Ruído exterior (11); Odores emitidos (12)

b) Domínio: RECURSOS NATURAIS E MEIO AMBIENTE

b.1 dimensão global: Recursos naturais reciclados (4); Armazenamento de materiais recicláveis (5)

b.2 dimensão local: Economia de água (13); Valor ecológico do sítio (14); Número de espécies da flora por unidade de área (15); Qualidade da vegetação (16); Uso do solo e mudanças no valor ecológico da terra (17); Erosão do solo (18); Concentração de contaminantes no solo (19); Concentração de contaminantes em animais (20); Número de espécies identificadas por unidade de área (21); Qualidade de atrativos e desenvolvimento do sítio (22); concentração de contaminantes na água (23); número de coliformes por litro de água (24); Oxigênio dissolvido na água (25); Saúde dos moradores do entorno (26)

b.3 dimensão do espaço interior: Consumo líquido anual de água por operações do edifício (48); Consumo de recursos naturais (49)

c) Domínio: CLIMA

c.1 dimensão local: Ventos locais (6); Chuvas (7); Incidência solar (8); Temperaturas locais (9); Umidade relativa do ar (10).

d) Domínio: OCUPAÇÃO DO SOLO

d.1 Dimensão Local: Sombreamento de outros prédios ou relevo (27); Impactos no terreno e propriedades adjacentes (28); Área livre consumida pela edificação e apoio (29); Efeitos sobre o tráfego local (30).

e) Domínio: SAÚDE

e.1 Dimensão Local: Saúde dos moradores do entorno (26)

e.2 Dimensão do Espaço Interior: Fumantes passivos (31); Qualidade do ar, ventilação e umidade (32); Iluminação natural, artificial e acuidade visual (33); Ruído e acústica (34); Saúde dos usuários da edificação (35)

f) Domínio: RISCOS

f.1 Dimensão do Espaço Interior: Riscos com materiais/ produtos perigosos (36); Riscos físicos e ergonômicos (37)

g) Domínio: CONFORTO

g.1 Dimensão do Espaço Interior: Conforto higrotérmico e superaquecimento (38); Conforto visual e lumínico (39); Conforto acústico (40); Conforto olfativo (41); Conforto ergonômico (42)

h) Domínio: ENERGIA

h.1 Dimensão do Espaço Interior: Consumo energético (de fontes renováveis, exceto energia elétrica) (43); Consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício (44); Consumo energético de combustíveis fósseis (45); Ciclo de vida do uso de energia (46); Cargas térmicas (47)

i) Domínio: O EDIFÍCIO

i.1 Dimensão do Espaço Interior: Sistemas e materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes (50); Flexibilidade e adaptabilidade (51); Compatibilidade dos sistemas (52); Plano

de manutenção, operação e controle (53); Treinamento dos usuários do edifício (54); Erosão das construções (55).

j) Domínio: RESÍDUOS

j.1 Dimensão do Espaço Interior: Resíduos sólidos comuns (56); Resíduos sólidos recicláveis (57); Resíduos químicos (58); Resíduos perfuro-cortantes (59); Resíduos de serviços de saúde (60); Efluentes líquidos (61); Reuso de água tratada (62).

Ao todo a Matriz é estruturada em um conjunto de 62 Indicadores Ambientais e 43 Elementos da Edificação, que apresentam relações diretas ou indiretas entre si, podendo gerar 2666 possibilidades de relacionamento. Para melhor compreensão, são estabelecidos níveis de relacionamento conforme o tipo de efeito que cada Elemento da Edificação pode causar sobre o desempenho dos Indicadores Ambientais existentes na Matriz. Eles podem ser:

- a) Relacionamento nulo (0) – quando o elemento da edificação não interfere no desempenho do indicador;
- b) Relacionamento primário (1) – quando há uma relação direta e imediata entre o desempenho ambiental do elemento e o resultado do indicador;
- c) Relacionamento secundário (2) – quando um resultado ambiental (indicador) do elemento depende ou se modifica a partir do resultado de outro indicador, por exemplo: o consumo de água (na forma natural) se modifica com o acréscimo ou diminuição do uso de água tratada;
- d) Relacionamento terciário (3) – quando um resultado ambiental do elemento (nível 1 ou 2) somado a um fator externo reflete-se em terceiro indicador, por exemplo, a taxa de renovação do ar interior, somada à presença de fumantes no ambiente ocasiona em um número de fumantes passivos;
- e) Relacionamento quaternário (4) – quando a percepção do avaliador indica que deve haver algum efeito, mas no momento não se consegue identificá-lo.

A Matriz de Relacionamentos deve, portanto, apontar para cada Elemento da Edificação, quais os Indicadores Ambientais que sofrem impacto pelo elemento, indicando, no campo correspondente ao cruzamento de linha e coluna, o nível de relacionamento considerado: 0, 1, 2, 3 ou 4. (ZAMBRANO, 2004)

Os efeitos primários devem ser os alvos imediatos da avaliação, já que concorrem para o resultado de outros indicadores (de efeito secundário, terciário etc.). Ou seja, melhorando o desempenho dos relacionamentos de efeito primário, automaticamente se estará melhorando o desempenho dos relacionamentos de efeito secundário. Os relacionamentos de efeito terciário são os mais complexos porque podem depender de efeitos combinados e devem ser alvo de estudos mais aprofundados para o entendimento do impacto que fatores combinados podem ter sobre os indicadores.

4 ILUMINAÇÃO NATURAL E EDIFICAÇÃO AEROPORTUÁRIA: relações e critérios

O bom aproveitamento da luz natural nas edificações é fator de contribuição para o seu desempenho ambiental. Este capítulo explora as questões da luz natural que atuam no conforto luminoso dos usuários e na eficiência energética das edificações aeroportuárias, por meio de uma revisão bibliográfica específica visando subsidiar a sua aplicação em ferramentas de Avaliação de Desempenho Ambiental, como é o caso da Matriz de Relacionamentos apresentada no capítulo anterior. Esta revisão tem como objetivo orientar o preenchimento da Matriz, fornecer subsídios para atribuição do nível de relacionamento entre os Elementos da Edificação e os Indicadores Ambientais, bem como estabelecer critérios de análise para os estudos de caso apresentados no capítulo 5.

A influência da iluminação natural é verificada tanto na descrição dos Elementos da Edificação quanto nos Indicadores Ambientais da Matriz de Relacionamentos. Complementando, ao final do capítulo são apresentados parâmetros de conforto luminoso e eficiência energética para utilização da luz natural em projetos arquitetônicos, que também servem de referência para as análises posteriores.

4.1 A ILUMINAÇÃO NATURAL E AS EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS NOS ELEMENTOS DA EDIFICAÇÃO DA MATRIZ DE RELACIONAMENTOS

Este item verifica como a iluminação natural pode interferir em cada um dos Elementos da Edificação que fazem parte da Matriz de Relacionamentos e conseqüentemente, no desempenho ambiental das edificações aeroportuárias. Para melhor compreensão, os Elementos da Edificação estão relacionados na mesma ordem em que aparecem na Matriz e trazem nos parênteses o número correspondente ao elemento nas linhas da Matriz:

a) Categoria: IMPLANTAÇÃO

a.1 ESTACIONAMENTO (2)

Nos aeroportos é importante considerar os espaços de estacionamentos e seu relacionamento com a luz natural, uma vez que estão sujeitos a constantes modificações, ampliações e adaptações¹⁸, de acordo com a demanda do aeroporto. Os estacionamentos situados no interior dos edifícios, na maior parte das vezes, estão localizados em subsolos ou pavimentos semi-enterrados. Trata-se de ambientes com pouco ou nenhum aproveitamento da luz natural, cuja ausência de aberturas para o meio externo influenciam na qualidade do ambiente interno e nas relações de conforto ambiental. Estes dados reforçam a importância de um estudo adequado do uso da iluminação natural nestes tipos de espaço, cada vez mais necessário para atender ao aumento da demanda do tráfego aéreo, que também depende de outros fatores como uma adequada política de trânsito e transportes.

a.2 CIRCULAÇÃO (3)

As diferentes tipologias das edificações aeroportuárias necessitam adequar-se aos avanços tecnológicos que permitam realizar maior número de operações com aeronaves e ainda com atendimento a maior número de passageiros. Segundo Güller e Güller (2003), a capacidade de um terminal é determinada pelo número de portas de embarque disponíveis, o que tem resultado em várias tipologias de desenhos de terminais (ver Cap.1). Isto torna cada vez maiores as distâncias a serem percorridas pelos passageiros e exigem medidas como a criação de sistemas internos de transporte de passageiros. É o caso do aeroporto Charles de Gaulle, em Paris, que atende cerca de 20 milhões de passageiros por ano. Além

¹⁸ Segundo Güller e Güller (2003), apesar de se localizarem em áreas afastadas das regiões centrais das cidades, o poder concentrador de atividades faz com que os aeroportos atuem como pólos geradores de desenvolvimento, atraindo as infra-estruturas urbanas, aumentando o fluxo de usuários, transportes, a geração de empregos e a necessidade de grandes áreas de terreno destinadas a estacionamento, tanto de rápida como de longa permanência. O aumento do custo dos terrenos tem estimulado a construção de edifícios-garagem de vários pavimentos destinados a estacionamentos ou construções adaptadas sobre as estruturas já existentes dos próprios terminais, a fim de otimizar o atendimento com menor taxa de ocupação do terreno.

O edifício-garagem do Aeroporto Internacional de Congonhas, em São Paulo, é um exemplo. Com 51.106 metros quadrados, foi projetado para atender a um aeroporto com movimento de passageiros superior a 17 milhões (dados de 2005), com capacidade para abrigar uma média de 98 mil veículos por mês. O projeto é composto por cinco pavimentos, sendo três deles enterrados. Os três pisos subterrâneos possuem um sistema de exaustão para renovação do ar, que promove a ventilação, retira os odores de combustíveis e fumaça com o uso de ventiladores e é complementado pela ventilação feita através das rampas na entrada do estacionamento. Já os dois pavimentos superiores possuem elementos vazados de concreto e vidro em um dos lados e, no outro, aberturas com persianas de aço que permitem a entrada de luz natural a ajudam na ventilação. A iluminação nestes espaços é também um elemento importante para a segurança e conforto dos usuários ao permitir a visualização dos carros e pedestres em movimento, facilitar o acesso aos guichês, ao saguão, máquinas de caixa, serviços de apoio, além de proteção contra invasão (ROSSO, 2006).

disto, muitos destes espaços de circulação resultantes das necessidades dos aeroportos têm se transformado em verdadeiros centros comerciais.

Tais considerações justificam a importância de se considerar a utilização eficiente da iluminação natural nos espaços de circulação dos aeroportos, pois embora se caracterizem como locais de permanência transitória, as dimensões praticadas atualmente tornam esta permanência cada vez maior e tornam necessárias medidas que contribuam para o conforto de seus usuários. Além do conforto luminoso necessário para realização das atividades nestes locais, a competitividade entre os espaços comerciais utiliza a iluminação artificial como suporte para despertar o interesse no consumo dos produtos, o que também reflete no consumo de energia (VIANNA; GONÇALVES, 2001).

Segundo Vianna e Gonçalves (2001), com a crescente importância da tipologia das edificações dedicadas aos meios de transporte, o uso da luz natural em grandes espaços públicos de passagem ou circulação tem se mostrado indispensável para a criação de ambientes ricos na relação usuário-arquitetura-contexto e para o alcance de significativas economias de energia.

A ABNT NBR 5413 (1992) recomenda níveis de iluminância¹⁹ entre 75 e 150 *lux* para corredores e escadas em geral (ver Tabela 4, item 3.2). Porém, segundo Fontoyont (1999), os espaços destinados à circulação em geral não necessitam de altos índices de iluminação. Valores entre 10 e 50 *lux* podem ser aceitáveis contanto que o olho do usuário esteja adaptado à luminância²⁰ das superfícies internas e não à luminância externa, que normalmente é bem mais elevada. O autor sugere aberturas parcialmente ocultas no campo de visão, que possibilitem abundância da luz natural por trás dos elementos arquitetônicos. Deve-se atentar, portanto, para o uso destes espaços de circulação, pois uma vez utilizados apenas como espaços transitórios, justificam o uso de níveis mais baixos de iluminância. Já para o caso de serem utilizados como galerias comerciais, as exigências dão alteradas (Ver Tabela 4 – Lojas).

¹⁹ Iluminância (E) ou iluminação ou nível de luz, é a densidade de fluxo que chega a uma superfície, geralmente o plano de trabalho. Unidade: lux (CORBELLA; YANNAS, 2003)

²⁰ Luminância (L) é o quociente entre a intensidade luminosa em uma dada direção e a área aparente da fonte nesta mesma direção. É a sensação de luminosidade percebida pelo olho decorrente da reflexão dos raios luminosos por uma determinada superfície. Unidade: cd/m² (VIANNA; GONÇALVES, 2001)

a.3 LOCAL DE IMPLANTAÇÃO (TOPOGRAFIA) (4)

A implantação do edifício de um aeroporto deve considerar a topografia para implantação do Terminal de passageiros, de forma a melhorar o aproveitamento da luz natural. As questões relativas à implantação costumam repercutir também no consumo de energia: a orientação irá condicionar a quantidade de energia solar que cada fachada receberá, e conseqüentemente a luz direta, difusa, e carga térmica solar. Isto tem uma conseqüência direta no consumo de energia para iluminação artificial e ar condicionado, na qualidade do ambiente interno e na saúde dos usuários.

a.4 TAXA DE OCUPAÇÃO DO TERRENO (5)

A taxa de ocupação do terreno é um elemento importante para a obtenção da luz natural no interior dos espaços edificados. Segundo a IEA (2000), a análise do terreno é um indicativo ao projetista do potencial de iluminação das fachadas. Edificações com altas taxas de ocupação no terreno podem comprometer a distribuição da iluminação natural, bem como a ventilação dos ambientes.

As Leis de Zoneamento determinam limitações de projeto tais como tamanho da construção, altura, etc. e o impacto que uma nova edificação pode causar na vizinhança. Uma das razões para estas delimitações advêm da época em que era necessário prever na legislação o direito à luz natural no interior das edificações, uma vez que as fontes de energia elétrica não eram acessíveis a toda a população. Ao adotar estratégias para utilização da luz natural os projetistas devem considerar o grau de obstrução à luminosidade que a nova edificação irá gerar (IEA, 2000).

Outro aspecto importante está relacionado à máxima exploração econômica dos espaços construídos, em que a ocupação máxima do terreno visando maior retorno econômico com a edificação pode acarretar em prejuízo da qualidade da luz natural nos ambientes internos (IEA, 2000).

a.5 ÁREA LIVRE DE TERRENO, RESERVAS NATURAIS, PAISAGISMO (6)

A vegetação contribui significativamente para a formação de microclimas. Um dos fatores é a umidificação do ar através do vapor d'água, liberado pelo processo de fotossíntese, que tende a beneficiar os arredores imediatos, estabilizando os efeitos do clima e reduzindo os extremos ambientais (ROMERO, 2000).

A utilização correta da vegetação permite a absorção da radiação solar e o esfriamento do ar que penetra no edifício (MASCARÓ, 1985). No caso de inexistência ou da proteção solar ser ineficiente para sombrear adequadamente uma abertura, o paisagismo pode utilizar árvores de folhas caducas, cujas folhas produzem o sombreamento no verão sem bloquear a luz natural e, no inverno, com a queda das folhas, permitem a incidência desejável do sol no interior dos ambientes (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

O projeto de ampliação do Aeroporto de Frankfurt optou por preservar a grande massa de vegetação nas imediações do aeroporto, o que fez parte das decisões de projeto quando à forma e localização do edifício.

Ver também construções vizinhas (a.10)

a.6 INSOLAÇÃO (7)

De acordo com Lamberts; Dutra e Pereira (2004) é possível tirar partido ou evitar a luz solar e o calor em uma edificação, desde que a atenção com o conforto térmico, luminoso e a economia de energia sejam premissas básicas. Para isto é necessário “compreender de forma integrada os fenômenos térmicos e visuais em uma edificação e, em conseqüência, as variáveis climáticas das quais estes decorrem”.

Para Mascaró (1985), a orientação do edifício influi sensivelmente na quantidade de calor recebida por ele. O uso adequado da orientação irá contribuir para menor consumo de energia.

De acordo com a ABNT NBR 15215-2 – Parte 3 (2005), a luz natural admitida no interior das edificações consiste em luz proveniente diretamente do sol: tanto a luz difundida na atmosfera (abóbada celeste), como a luz refletida do entorno. A magnitude e a distribuição desta luz no ambiente interno irão depender de um conjunto de variáveis, como: a disponibilidade da luz natural (quantidade e distribuição variáveis com relação às condições atmosféricas locais); as construções externas; o tamanho, orientação posição e detalhes de projeto das aberturas; das características óticas dos envidraçados; do tamanho e geometria do ambiente; da refletividade das superfícies internas.

A disponibilidade de luz natural é a “quantidade de luz em um determinado local, em função de suas características geográficas e climáticas, que se pode dispor por certo período de tempo. Dados e técnicas para a estimativa das condições de disponibilidade de luz natural são importantes para a avaliação do desempenho final de um projeto em termos

de conforto visual e consumo de energia. Isto se refere à maneira como varia a quantidade de luz durante o dia e épocas do ano, quanto dura essa iluminação ao longo do dia e os motivos pelos quais as localidades dispõem de mais ou menos luz face aos parâmetros que influem no cálculo da disponibilidade da luz natural, tais como: os dados relativos à posição do sol; as épocas de determinação, como o dia e o mês do ano; latitude e longitude geográficas; e o tipo de céu²¹. (ABNT NBR 15215-2 Parte 2, 2005)

A utilização da iluminação natural depende dos fatores de disponibilidade e quantidade da luz natural, o que irá resultar em diferentes respostas da arquitetura para tais situações e que são influenciadas pelos seguintes parâmetros:

De acordo com Lamberts; Dutra e Pereira (2004), “a luz solar direta ilumina uma superfície normal com 60.000 a 100.000 lux, o que é um valor muito elevado para ser utilizado diretamente sobre o plano de trabalho e acaba por levar os projetistas a não utilizar esta fonte de luz nos ambientes. O fato de estar diretamente relacionada ao aquecimento solar passivo dos ambientes faz com que a radiação solar direta seja, muitas vezes, equivocadamente considerada indesejável para a iluminação. O que se tem é que a eficácia luminosa²² da luz natural direta é maior que muitas das alternativas de luz artificial conhecidas, bem como o calor gerado por ela é menor que o da maioria das lâmpadas. Estes dados mostram que a luz natural bem distribuída pode ser uma boa alternativa para reduzir a carga de resfriamento de muitas edificações. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

a.7 VENTOS (8)

Segundo Mascaró (1985), a orientação do edifício em função dos ventos dominantes favoráveis é fundamental para obtenção de conforto. Conhecer as probabilidades de

²¹ Tipo ou Condição de céu: é a aparência da abóbada celeste quando vista por um observador situado na superfície terrestre, que está relacionada à distribuição espacial da sua emissão de luz. Segundo a norma ABNT NBR 15215-2 Parte 2 (2005), são considerados três tipos de céu, quais sejam: céu claro, céu encoberto e céu parcialmente encoberto ou intermediário.

a) céu claro: apresenta inexistência de nuvens e baixa nebulosidade. As reduzidas dimensões das partículas de água fazem com que apenas os baixos comprimentos de onda, ou seja, a porção azul do espectro emerja em direção à superfície da terra, conferindo a cor azul, característica deste tipo de céu. Considera-se 0% a 35% de cobertura de nuvens.

b) céu encoberto: é a condição de céu na qual as nuvens preenchem toda a superfície da abóbada celeste. É resultante da reflexão e difração da luz direta do sol para todos os comprimentos de onda, em grandes partículas de água em suspensão na atmosfera, resultando numa abóbada cor cinza-claro. Considera-se de 75% a 100% de cobertura de nuvens.

c) céu parcialmente encoberto ou intermediário: é a condição de céu na qual a luminância de um dado elemento será definida para uma dada posição do sol, sob uma condição climática intermediária que ocorre entre os céus padronizados como céu claro e totalmente encoberto. Considera-se 35% a 75% de cobertura de nuvens.

²² Eficácia luminosa: é a relação entre o fluxo luminoso em lúmen emitido por uma fonte e seu fluxo energético (potência) consumido para produzi-lo. É conhecido também como eficácia ou rendimento. Unidade: lúmen/watt (VIANNA; GONÇALVES, 2001).

ocorrência de vento para as principais orientações e sua velocidade pode auxiliar o projetista no momento de definir as aberturas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). Com estas medidas pode-se aproveitar o vento no período quente, evitar o vento forte no período frio, e ainda associar o uso das aberturas à iluminação e ventilação dos ambientes em busca do conforto térmico e luminoso.

a.8 TEMPERATURA LOCAL (10)

A variação da temperatura na superfície terrestre é resultante, basicamente, de dois fatores básicos: dos fluxos das grandes massas de ar e da variação da recepção da radiação solar de local para local. O tratamento dos dados climáticos pode fornecer valores de temperatura média, mínima e máxima mais prováveis para cada período do ano e, desta forma, proporcionar ao projetista os dados necessários para a identificação dos períodos de maior probabilidade de desconforto por calor e frio e das estratégias de projeto mais adequadas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

a.9 UMIDADE (11)

A umidade é um dos elementos climáticos que, juntamente com a temperatura, precipitações e movimentos do ar, “representam os valores relativos a cada tipo de clima” (ROMERO, 2000)

A umidade relativa tende a aumentar quando há diminuição da temperatura e vice-versa. Em locais com umidade elevada a transmissão da radiação solar é reduzida, pois esta é absorvida e redistribuída na atmosfera pelas nuvens e o vapor d’água, enquanto que outra parte é refletida e volta para o espaço (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004)

A umidade do ar atua diretamente na capacidade da pele evaporar o suor, o que faz aumentar a sensação de desconforto térmico quando a umidade do ar está elevada. Portanto, é importante que os projetistas estejam atentos à associação entre o comportamento da temperatura e umidade ao longo do ano e às estratégias projetuais para corrigir eventuais problemas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

a.10 CONSTRUÇÕES VIZINHAS (12)

No caso de obstruções mais próximas, como vegetação e construções vizinhas, o sombreamento irá afetar apenas algumas partes do terreno, tornando necessário um estudo mais detalhado sobre as condições de uso da luz natural nesta situação. Assim, torna-se

importante observar que as obstruções, ao impedirem a luz do sol direta, também interferem sobre a luz difusa proveniente da abóbada celeste, o que irá reduzir os níveis de iluminação natural disponível. Estudos apontam que a luminância das obstruções é de apenas 1/10 da porção do céu obstruída, ou seja, há uma redução da ordem de 90% na luminância que chega ao interior do ambiente. E, conseqüentemente, a redução da disponibilidade de luz natural dentro da edificação irá exigir maior período de uso de iluminação artificial, aumentando o consumo de energia. (BAKER; STEEMERS, 2002).

b) Categoria: MORFOLOGIA

b.1 FACHADAS (14)

As fachadas são elementos integrantes das edificações e atuam como mediadores entre o interior e o exterior. O tratamento dado às fachadas (ou invólucro) irá influenciar no desempenho do edifício com relação ao aproveitamento da luz natural, controle da radiação solar, conseqüentemente influenciando no desempenho ambiental do edifício.

De acordo com Baker et al (1993, *apud* Amorim, 2002), os componentes para utilização da luz natural nos edifícios, localizados nas áreas de fachada (ou invólucro), podem ser classificados em:

- Componentes de condução – são aqueles projetados para guiar e/ou distribuir a luz natural no interior de um edifício, conectando dois componentes de passagem. Podem ser divididos em espaços de luz intermediários quando fazem parte do perímetro do edifício e espaços de luz internos, quando fazem parte da zona interna do edifício, guiando e distribuindo a luz natural a zonas específicas, separadas do exterior.
- Componentes de passagem – são aqueles que permitem que a luz passe de um ambiente para o outro. O exemplo mais conhecido é a janela. Um dos elementos mais comuns da arquitetura, as janelas fazem parte dos componentes de condução que existem para guiar e/ou distribuir a luz natural no interior de um edifício. Estes componentes podem se subdividir em três grandes grupos: os componentes de passagem lateral, situados no invólucro vertical do edifício; zenital, localizados na cobertura, permitindo a entrada de luz zenital em um plano horizontal; e global, quando fazem parte do fechamento do volume construído, envolvendo o espaço total ou parcialmente, permitindo uma entrada global da luz natural.

- Elementos de controle – são dispositivos incorporados aos componentes de passagem, utilizados para admitir e/ou controlar a entrada de luz em um edifício. Podem ser superfícies separadoras, proteções flexíveis, proteções rígidas; filtros solares ou obstruções solares, que variam de acordo com o grau e o sistema de obstrução da luz, bem como da ventilação.

b.2 FORMA DA EDIFICAÇÃO (15)

A relação entre forma e o clima pode ser observada em cada região. Para *Dollfus (1954, apud Olgay, 2002)*, “a tipologia construtiva encontra-se definida mais pelas zonas climáticas do que pelas fronteiras territoriais. Ainda que existam variações, produto da tradição ou do gosto local pode-se afirmar que a forma geral da edificação nasce de sua relação com o entorno”. Olgay (2002) assinala ainda que “a proporção entre o maciço e as aberturas ao exterior dependem do clima e dos materiais empregados”.

Segundo Olgay (2002), a concepção da forma é essencialmente a compreensão das forças da natureza que a originaram; a forma é a representação diagramática das forças em equilíbrio. Olgay (2002) apresenta o critério de “forma ótima” para se definir a forma mais favorável a uma edificação e que permita certo grau de flexibilidade, a fim de conferir proporção às plantas tidas como eficientes para se adaptar a cada situação. A forma ótima é aquela que ganha o mínimo de calor no verão e perde o mínimo de calor no inverno, considerando que a forma da edificação variará de acordo com a região, e os efeitos decorrentes das variações térmicas possam ser corrigidos através da arquitetura dentro de limites elásticos.

A quantidade de radiação solar incidente no edifício é variável de acordo com a orientação e a época do ano, o que significa que o mesmo volume de espaço interior pode ter formas diversas e apresentar comportamentos térmicos e visuais distintos (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). Assim, a forma arquitetônica pode ter grande influência no conforto ambiental de uma edificação e no seu consumo de energia, pois ela interfere diretamente sobre os fluxos de ar interno e externo, bem como na quantidade de luz e calor solar recebidos pelo edifício. Deste modo, a forma arquitetônica é uma variável importante para as condições de conforto do ambiente e, conseqüentemente, para o desempenho energético da edificação. O simples ato de distribuir as janelas de maneira diferente em um mesmo volume seja mudando de posição ou alterando a área envidraçada, irá implicar em variações térmicas e visuais do microclima interno do ambiente.

b.3 ÁREA OCUPADA POR PESSOA (densidade) (16)

Em uma edificação aeroportuária (Terminal de Passageiros), o fato de contar com maior densidade de usuários, equipamentos e lâmpadas tende a produzir um sobreaquecimento dos ambientes, mesmo em situações em que o clima exterior indica conforto térmico (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). O projetista deve considerar tais aspectos no momento de definir o projeto.

b.4 EMBASAMENTO (relação prédio-solo) (20)

O embasamento, ou relação prédio-solo, deve também estar relacionado à forma e a orientação de uma edificação. Segundo Lamberts; Dutra e Pereira (2004) deve ser maximizada a exposição da edificação às brisas do verão por meio do estudo da orientação correta e do emprego de alguns recursos aplicáveis à forma do edifício. Estes recursos podem ainda “explorar a iluminação natural e favorecer os ganhos de calor solar”.

c) Categoria: MATERIALIDADE

c.1 MATERIAIS OPACOS DE VEDAÇÃO (22)

Os materiais de vedação são os responsáveis pelas trocas de energia entre os meios interno e externo de uma edificação. Em um fechamento opaco a transmissão de calor ocorre quando há uma diferença de temperatura entre suas superfícies internas e externas, onde o fluxo de calor segue a superfície mais quente para a mais fria. Este comportamento depende de alguns fatores e pode ser dividido em três fases: a troca de calor com o meio externo como, na qual interferem a refletividade e absortividade dos materiais da superfície; da condutividade e emissividade térmica dos materiais de fechamento; e da troca de calor com o meio interior, o que depende da transmitância térmica dos materiais de vedação. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004)

Os fechamentos podem contribuir para a inércia térmica, podem servir como barreira e proteção para a incidência da luz desfavorável nos ambientes, conforto do ambiente e eficiência energética, além de fazer parte da definição da forma dos edifícios.

c.2 TRANSPARÊNCIAS (sistemas de abertura, proporção, radiação, inércia, isolamento) (23)

Os fechamentos transparentes são responsáveis pelas principais trocas térmicas que ocorrem numa edificação, envolvendo luz e calor. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

Para estes autores deve-se pensar o calor e a luz de forma integrada, o que faz com que aberturas de mesma dimensão, com orientações diferentes, passem a receber quantidades distintas de iluminação e calor solar, exigindo atenção especial com o seu dimensionamento e orientação. Outro fator importante é o tipo de vidro utilizado nestes fechamentos, uma vez que há diferentes tipos de vidros disponíveis, com capacidades distintas em absorver, refletir ou transmitir a radiação solar, dependendo das características ópticas de cada material, incluindo também as películas reflexivas utilizadas para melhorar as características dos vidros.

A utilização dos materiais transparentes deve ser bastante criteriosa, tendo em vista que a energia solar, ao atingir o vidro, pode ser refletida por ele, absorvida e transformada em calor ou transmitida para o interior. A maioria dos vidros incolores tem como propriedade a transmissão de praticamente todas as radiações existentes no espectro solar, ou seja, do infravermelho ao ultravioleta, passando pela luz visível. Esta característica é a principal causa dos problemas com grandes superfícies envidraçadas. O infravermelho é o grande responsável pelo aquecimento dos ambientes, pois, a porção à qual o vidro é transparente (infravermelho próximo) aquece os corpos, que emitem o infravermelho longo, ao qual o vidro é opaco, criando o efeito estufa (CORATO et al, 2001).

O aumento no tamanho das aberturas transparentes permite a entrada de maior quantidade de luz, mas por outro lado, pode causar maior ofuscamento. É necessário estudar adequadamente as dimensões das aberturas em função do clima local e da disponibilidade de luz natural. (FONTOYNONT, 1999: 6). De forma geral, pode-se afirmar que mais de 50% de área transparente em uma fachada não protegida é prejudicial para qualquer tipo de clima (Bannister et al, 1998, *apud* BRAGA, 2004).

Segundo Bell e Burt (1995), o fluxo da luz natural em uma janela lateral é predominantemente horizontal. Esta característica faz com que a luz alcance a maioria das superfícies verticais, mesmo aquelas localizadas na região mais profundas do ambiente, e permite perceber o contorno das superfícies dos objetos. O projetista deve procurar ajustar as dimensões das janelas, não apenas com o objetivo de melhorar o seu desenho, mas também para valorizar pontos de vista ou criar um senso de movimento dentro do ambiente. (BELL; BURT, 1995: 23). Outra vantagem das aberturas transparentes nos ambientes é o contato com o ambiente externo, percepção das mudanças do tempo e das variações das horas do dia. Isto além de proporcionar o descanso da visão, possibilita o relaxamento dos músculos da visão ao olhar para um ponto distante. O Código Britânico para o uso da luz

natural (Bell; Burt, 1995) aponta a visão do ambiente externo como elemento determinante da qualidade do ambiente e recomenda que todos os ocupantes de uma edificação tenham oportunidade de descanso e relaxamento visual propiciado pela mudança de foco e cena, a menos que a atividade realizada exija a exclusão da luz natural (BELL; BURT, 1995: 17).

A forma, tamanho e localização das janelas, em determinadas circunstâncias, têm importante papel com relação à segurança, permitindo a supervisão dos espaços em redor das edificações, como também com a privacidade. As janelas permitem que o usuário de determinado ambiente visualize o meio externo, mas, por sua vez, permite que as pessoas que estão do lado de fora tenham visão do seu interior, o que nem sempre é bem vindo. Cortinas, painéis ou outros dispositivos podem ser utilizados como recursos para garantir a privacidade do usuário. (BELL; BURT, 1995: 19).

Já a iluminação zenital tem como uma de suas principais características a maior uniformidade de distribuição da luz comparada à iluminação lateral. Em espaços de grandes dimensões, inclusive em altura, o que se aplica às edificações aeroportuárias, a utilização da iluminação zenital é, segundo Vianna e Gonçalves (2001), a estratégia de projeto mais adequada, considerando que possuem áreas normalmente destinadas a funções produtivas e que exigem boa quantidade e uniformidade de luz. A iluminação zenital apresenta ainda bons resultados quando utilizada em grandes espaços e átrios contribuindo para as funções de circulação, lazer, estar e cultura, locais em que são mais relevantes os efeitos da luz para valorização do espaço, principalmente sua monumentalidade, do que os aspectos de uniformidade.

Quanto às transparências em aberturas zenitais, Vianna e Gonçalves (2001) indicam que a dimensão do zenital não deve ultrapassar 10% da área do piso iluminado por ele, principalmente se o zenital for do tipo horizontal.

c.3 PROTEÇÕES (coberturas, brises, marquises) (24)

As proteções solares nas aberturas são importante recurso para proteger a edificação da incidência solar, para reduzir os ganhos térmicos e controlar a distribuição da luz natural nos ambientes internos (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

São consideradas proteções todos os elementos, componentes ou conjuntos de componentes que protegem a fachada dos edifícios ou espaços externos que estejam conectados aos ambientes internos, contra o excesso de radiação solar, sempre indesejáveis em períodos de calor. Deve-se considerar que, em climas quentes ou períodos

de calor, uma boa proteção contra a radiação solar é muito mais importante que o isolamento térmico quando se tenta impedir o sobreaquecimento dos espaços internos (SERRA, 1989).

As coberturas proporcionam isolamento térmico, de acordo com a forma e o material utilizado.

As proteções podem ser externas, anexas ao edifício, para os quais se abrem os espaços habitáveis do mesmo, podendo inclusive ser habitáveis temporariamente. Neste caso tornam-se elementos arquitetônicos de grande importância devido ao impacto visual que representam ao conjunto do edifício. São exemplos as pérgolas, com ou sem trama vegetal e os brise-soleils ou quebra-sóis (SERRA, 1989). As proteções externas bloqueiam a radiação direta antes que ela passe pelo vidro, o que evita o efeito estufa. Deve-se considerar que a opção por este tipo de solução somente será a mais adequada se o seu dimensionamento garantir a necessária redução da incidência da radiação solar sem interferir na luz natural dos ambientes (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004)

Serra (1989) apresenta também outra classificação dos elementos de proteção, que são os sistemas protetores de fachadas, elementos que protegem a fachada do edifício contra o sol, especialmente as aberturas, e que permitem a ventilação dos espaços internos, a visão do exterior e criar uma iluminação difusa interna. São mais fáceis de implantar após o edifício pronto, porém quando já programados desde o princípio, ficam mais bem adaptados à arquitetura. São exemplos destes sistemas as marquises, beirais, painéis, toldos, persianas, vegetação e os vidros coloridos ou reflexivos.

As proteções solares podem ainda ser internas, como as cortinas e persianas, que possuem a vantagem da facilidade de operação, porém, não evitam o efeito estufa. O controle do efeito estufa pode ser obtido pelo uso das proteções externas, que bloqueiam a radiação direta antes que penetrem o vidro (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

d) Categoria: ESPACIALIDADE

d.1 DISTRIBUIÇÃO DOS ESPAÇOS (relações de proximidade, riscos, distâncias, zoneamento) (25)

Para obter melhor eficiência energética das construções, os projetistas devem procurar utilizar a luz natural para complementar a iluminação de tarefa de forma apropriada, seja pela utilização direta da luz pelas janelas ou pelo teto, seja pela reflexão das superfícies

dos ambientes. Isto irá exigir maior atenção com a forma e configuração das edificações, incluindo a organização dos espaços internos, a fim de maximizar o potencial de utilização da luz natural (LOE; MANSFIELD, 1997).

d.2 ATENDIMENTO À NECESSIDADE DE ESPAÇOS (áreas e funções) (26)

Segundo Amorim (2003), deve-se considerar que os edifícios não residenciais em geral, como escritórios, escolas, centros comerciais, incluindo, as edificações aeroportuárias, e mais especificamente os terminais de passageiros, apresentam necessidades especiais de conforto ambiental para a realização de suas tarefas específicas no que diz respeito ao conforto visual e à produtividade do trabalho, o que leva a um maior consumo de energia. No caso de centros comerciais²³, por exemplo, ocorrem ao mesmo tempo tarefas visuais muito diversificadas, como circulação, atividades de venda, exposição de mercadorias, alimentação, atividades que nestes espaços envolvem grande consumo de energia. Já no caso de edifícios de escritórios, o uso de energia e a qualidade do ambiente interno devem ser considerados juntos. Neles há uma carga térmica muito alta devido aos equipamentos e à ocupação dos usuários.

Outro aspecto a ser considerado quanto à necessidade de espaços áreas e funções diz respeito à privacidade dos ambientes. Para a IEA (2000), o grau de privacidade proporcionado por um sistema de iluminação natural pode ser difícil de ser quantificado, pois a privacidade depende da relação entre o brilho relativo existente no interior comparado com o do exterior e ainda da percepção da privacidade pelos seus ocupantes. Os vidros refletivos, por exemplo, irão produzir completa privacidade durante o período diurno, impedindo completamente a visão externa. Porém à noite, com a inversão da origem da luz vinda de dentro para fora, perde-se toda a privacidade. Recomenda-se aos projetistas considerar o nível de privacidade desejado para cada tipo de edificação para utilização de superfícies opacas ou dispositivos de sombreamento aonde a privacidade for necessária. (IEA, 2000: 3-10)

d.3 AMBIÊNCIA²⁴ HIGROTÉRMICA (27)

²³ Considera-se que os terminais de aeroportos, que atualmente englobam características de centros comerciais, podem ser enquadrados nesta categoria.

²⁴ Etimologia: fr. *Ambiance* (1885). Segundo o Novo Dicionário Aurélio (2006), ambiência é o espaço arquitetonicamente organizado e animado que constitui um meio físico e, ao mesmo tempo, meio estético ou psicológico, especialmente preparado para o exercício de atividades humanas. Já o dicionário Houaiss (2005) define ambiência como: 'meio ambiente, atmosfera que envolve uma pessoa ou coisa' e ainda como "espaço preparado para criar um meio físico e estético (ou psicológico) próprio para o exercício de atividades humanas; ambiente".

Neste trabalho a ambiência é abordada principalmente do ponto de vista do conforto ambiental (que inclui o conforto higrotérmico, luminoso e acústico). Segundo a ASHRAE, *apud* LAMBERTS; DUTRA e PEREIRA (2004), conforto térmico é “um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”. Pode-se dizer que o homem sente conforto térmico se for nulo o balanço de todas as trocas de calor a que o corpo está submetido, e se a temperatura da pele e suor estiverem dentro de certos limites. Influenciam na sensação de conforto as variáveis ambientais como temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar, bem como a atividade física e a vestimenta que se está usando.

Considerando que todas as formas de energia acabam sempre se transformando em energia térmica, a luz, sendo uma forma de energia eletromagnética, irá se transformar em calor ao ser absorvida pelas superfícies. Assim, iluminar um espaço significa também aquecê-lo, proporcionalmente à quantidade de luz que penetra no seu interior. No entanto, devido ao seu alto rendimento lumínico (ou eficácia luminosa), a luz solar reproduz as cores da melhor forma possível e o calor resultante da luz natural será sempre menor que o proveniente da luz artificial (SERRA, 2002), contribuindo para o bem estar no interior dos ambientes.

A influência da luz natural no conforto térmico dos ambientes pode ser percebida através das janelas, que podem contribuir para aumentar ou diminuir a sensação de conforto em função das trocas de radiação de ondas longas entre a janela e os ocupantes do ambiente (AMORIM, 2004). De um modo geral, grandes áreas de abertura podem causar problemas térmicos e ofuscamento, pois as janelas podem influenciar não apenas a quantidade e a distribuição da luz, como a ventilação e a qualidade da visão. Por outro lado, a penetração da luz direta pode contribuir para aumentar o conforto térmico nos meses frios, especialmente durante as primeiras horas da manhã (AMORIM, 2004)

Dentre os parâmetros de conforto do ambiente relacionados à iluminação, Laar (2002, *apud* Amorim, 2004) afirma que o desconforto térmico pode começar a ser percebido quando a iluminância está em torno de 5000 lux (medida equivalente a 50 W/m²), chegando a ser definitivamente desconfortável quando os valores ultrapassam a 10.000 lux.

d.4 AMBIÊNCIA LUMÍNICA (28)

Para criar uma ambiência lumínica adequada, deve-se trabalhar a iluminação natural, artificial e o conforto visual. Conforto visual é entendido como “a existência de um conjunto

de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes” (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). Estas condições para uma boa visão compreendem: iluminância suficiente, boa distribuição de iluminâncias, ausência de ofuscamento, contrastes adequados (proporção de luminâncias) e bom padrão e direção de sombras. Lamberts; Dutra e Pereira (2004) acrescentam ainda que a boa distribuição de iluminâncias não é sinônimo de uniformidade e que o contraste e o padrão das sombras dependem da tarefa visual.

Assim, pode-se dizer que existe conforto visual quando se pode ver bem, sem nenhum incômodo visual no ambiente, quando há nível de luz com poucos contrastes e adequado para se ver os detalhes, sem forçar a vista, sem ofuscamento produzido por zonas de luminosidade exagerada em relação ao resto do local e com ausência de reflexos que produzam distúrbios visuais. (CORBELLA; YANNAS, 2003)

Contudo o conforto visual é um processo complexo. Se comparado ao conforto térmico, percebe-se que não há o que ser decodificado para se ter a sensação de frio ou calor. Para Baker; Fanchiotti e Steemers (1993), ninguém, em casa ou no trabalho, precisa receber uma mensagem térmica ou decodificar padrões climáticos. Porém as mensagens acústicas ou visuais necessitam interpretações. O conforto visual pode ser interpretado como a recepção clara de mensagens do ambiente visual. A luz natural é a fonte de luz que mais se aproxima das respostas visuais humanas, que por milhões de anos utilizou este espectro de luz como referência para comparar todas as outras fontes de luz, sendo, portanto, capaz de fornecer o melhor ambiente visual (BAKER; FANCHIOTTI; STEEMERS, 1993).

Formas, cores, volumes e sombras são realçados pelos estímulos luminosos, percebidos e decodificados pelo processo da visão e compõem os aspectos estéticos da arquitetura (BAKER; FANCHIOTTI; STEEMERS, 1993). Embora a percepção do espaço dependa mais do jogo de luminâncias que de suas cores, as superfícies que refletem a cor da luz influenciam consciente e inconscientemente esta percepção e exercem grande importância no conforto dos seus usuários (SERRA, 2002). É na relação visual com as cores que mais se acentua a diferença de qualidade entre a luz natural e a luz artificial. A radiação solar possui um espectro considerado perfeito para a reprodução das cores dos objetos. Esta qualidade da luz natural, associada à sua economia energética, segundo Serra

(2002), justifica qualquer esforço de desenho arquitetônico que contribua para que os edifícios utilizem apenas este tipo de iluminação durante o dia.

A luz natural exerce grande influência sobre as características dos espaços internos. Ela realça as formas, texturas e cores, o que contribui para criar sensações de amplitude ou fechamento, calma ou agitação. As proporções, detalhamentos e locação das janelas exercem um importante papel nestes casos. A sensação de claridade é observada tanto quando o ambiente recebe uma quantidade de luz vinda diretamente do céu quanto como resultado da luz refletida das grandes superfícies. Um espaço que apresente maior quantidade de janelas que paredes, um leve sombreamento e superfícies de acabamento leves, transmitirá uma sensação de claridade e arejamento. Por outro lado, ambientes internos com quantidade inadequada de luz natural, decorrentes da má disposição das aberturas, geram ambientes sem contrastes, pouco iluminados, e de aparência melancólica. (BELL; BURT, 1995).

Segundo Baker; Fanchiotti e Steemers (1993), o conforto visual em ambientes de trabalho tem sido associado simplesmente a proporcionar níveis adequados de iluminância para a realização das tarefas, ao mesmo tempo em que são minimizados todos os outros estímulos provenientes do ambiente. Alguns estudos em psicologia ambiental e ergonomia têm indicado que ambientes de trabalho mais agradáveis e interessantes tendem a aumentar a produtividade, o que tem gerado mudanças na ambientação dos espaços de trabalho, deixando de lado os ambientes cinzentos e monótonos de certos escritórios.

A IEA (2000) aponta que o ambiente iluminado pela luz natural evoca uma resposta emocional que afeta o humor e o comportamento social dos seus ocupantes. Baseado em Baron et al (1992, *apud* IEA, 2000), os estudos realizados por psicólogos sociais têm determinado efeitos dos níveis de iluminação no desempenho das tarefas intelectuais, no humor e na maneira de resolver os problemas, dependendo tamanho e locação das janelas, da distribuição espectral e de outros fatores de iluminação. A percepção da luz do sol, mesmo com sua distribuição não uniforme, pode ser estimulante, pois permite perceber a variação de luminosidade ao longo do dia. Estas percepções podem ainda ser alteradas modificando-se as propriedades da fonte de luz. É o caso da luz natural conduzida por meio de dutos de luz com difusores, que podem ter a aparência de um sistema de luz artificial, bem como sistemas artificiais ocultos e com fator de correção de cor podem ser confundidos com fontes de luz natural.

d.5 AMBIÊNCIA SONORA (29)

Segundo Serra (2002), as sensações sonoras agem sobre o bem-estar dos indivíduos não apenas de forma direta como também modificando as sensações térmicas e lumínicas. Outro aspecto a ser considerado é que as medidas adotadas em projeto para melhoria das condições térmicas ou da iluminação de um ambiente sempre terão conseqüências acústicas.

d.6 AMBIÊNCIA OLFATIVA (30)

A ambiência olfativa está diretamente relacionada à renovação do ar e à qualidade do ar interior. A presença das aberturas nas edificações que permitam esta renovação deve considerar também estes fatores, promovendo a renovação adequada.

A proximidade de vegetação também pode contribuir para esta ambiência, não somente pela capacidade de renovação do ar promovida pela vegetação, como também pelo aroma emitido por algumas espécies. Para melhor aproveitamento deste recurso é importante a presença da luz natural.

Ambientes condicionados e iluminados artificialmente tendem a apresentar menor qualidade do ar em função de partículas que se acumulam no interior dos dutos de condicionamento de ar, podendo inclusive prejudicar a saúde dos usuários. Os sistemas de aberturas para iluminação e ventilação devem permitir a renovação do ar, a fim de também contribuir para a ambiência olfativa dos ambientes.

Medidas como a proibição do fumo em ambientes fechados de uso coletivo são importantes para a qualidade do ar interno. Segundo Gioda e Aquino Neto (2003), a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) publicou na Resolução 176 de 24 de outubro de 2000 (BRASIL, 2000) algumas orientações técnicas sobre "Padrões Referenciais da Qualidade do Ar de Interiores em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo". Esta Resolução define os parâmetros mínimos para uma boa qualidade do ar de interiores, como a concentração de CO₂ e material particulado, temperatura, umidade relativa e velocidade do ar. Parâmetros mais complexos como COVs e aldeídos necessitam ser mais bem estudados para que sua influência sobre os ocupantes possa ser quantificada e padrões estabelecidos.

d.7 ENERGIA ELÉTRICA (31)

O aumento de utilização dos sistemas de iluminação e climatização artificial das edificações surgiu em decorrência de uma relativa facilidade em solucionar os problemas dos edifícios em relação ao clima. Porém, a energia elétrica para atender a esta demanda crescente não utiliza fontes renováveis, o que traz inconvenientes do ponto de vista ambiental e, dentre outros fatores, tem desencadeado uma crise, em função da necessidade cada vez maior de energia para suprir as necessidades do mundo contemporâneo. Segundo Lamberts; Dutra e Pereira (2004), a alternativa que se mostra mais adequada a este cenário é aumentar a eficiência no uso da energia, sendo mais barato economizá-la que fornecê-la.

A arquitetura, neste sentido, deve contribuir com a “concepção de projetos que possibilitem a execução de edifícios mais eficientes, logrando com esta postura o conforto dos usuários e o uso racional de energia” (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). Para os autores, o primeiro passo neste sentido está em identificar nas edificações onde está sendo gasta a maior parte da energia e verificar como será a atuação dos projetistas. De uma maneira geral, a racionalização do uso da energia em uma edificação está na redução do consumo com iluminação, condicionamento de ar e aquecimento de água. Para isto os projetistas devem procurar: utilizar, sempre que possível, sistemas naturais de condicionamento de ar e iluminação; adotar sistemas artificiais mais eficientes e que possam agir de forma integrada.

Para Mascaró (1985), deve-se procurar desenvolver técnicas de composição para elaborar um projeto arquitetônico energeticamente compatível com a realidade nacional e regional, como por exemplo, o emprego do uso passivo de energia que priorizem as técnicas construtivas, e não o uso ativo da energia.

Pode-se afirmar que a economia de energia pelo uso da luz natural pode ser direta, através da economia da luz artificial, ou indireta, quando, por exemplo, for obtida com a redução de carga do ar condicionado decorrente da redução dos ganhos solares (AMORIM, 2000).

O uso de energia elétrica nos edifícios é visto frequentemente como pré-requisito para condições de conforto, porém um projeto que utilize técnicas passivas e recursos naturais pode produzir um bom ambiente interno com custo energético reduzido, o que torna possível aumentar o conforto sem necessariamente aumentar o consumo (AMORIM, 2003). Ou seja, uma edificação terá maior eficiência energética em relação ao outro quando

proporcionar as mesmas condições ambientais, porém com menor consumo de energia (SOUZA, 2006). Neste sentido é importante a integração da luz natural com a artificial.

As Tabelas 1 e 2 apresentam algumas referências de estudos sobre o consumo energético de edifícios não residenciais, que serão utilizadas para comparação com os estudos de caso (aeroportos de Goiânia e Brasília).

Tabela 1 - Consumo energético de edificações não residenciais por localidade

LOCALIDADE	CONSUMO ENERGÉTICO (em kWh/m² ao ano)	OBSERVAÇÕES
Salvador*	80 a 130	-
Rio de Janeiro*	Até 340	-
Florianópolis*	120	-
UK**	De 248 a 634	Dependendo do tipo
França**	De 250 a 300	-
Grécia**	De 113 a 226	Dependendo do tipo
Suécia**	De 110 a 290	Dependendo da idade e do tipo
Noruega**	De 190 a 235	Edifícios modernos de escritórios utilizando tecnologias energeticamente eficientes têm consumo energético menor que 105 kWh/m ² ao ano

Fonte: AMORIM (2003)

Tabela 2 - Consumo energético de edificações não residenciais em Brasília

EDIFÍCIO	ATIVIDADE	CONSUMO ENERGÉTICO (KWh/m²/ano)
Palácio do Itamaraty	Edifício público	153
DNER (DNIT)	Edifício público	150
FUNASA	Edifício público	121
Corporate Center	Edifício de escritórios	145
Ed. VARIG	Edifício de escritórios	82
Park Shopping	Centro de compras	378
Brasília shopping	Centro de compras	364
Terraço Shopping	Centro de compras	427

Fonte: AMORIM (2003)

e) Categoria: INSTALAÇÕES PREDIAIS

e.1 ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL (estratégias para distribuição de luz) (32)

Para Baker e Steemers (2002), é preciso reconhecer a luz natural como um recurso a ser utilizado como base para o projeto. A utilização adequada da iluminação natural nos projetos não cria restrições da expressão arquitetônica, pelo contrário, ela atua como inspiração para a boa arquitetura. Tal é a importância da luz natural, que atualmente vários países da Europa possuem legislação específica a fim de proteger os edifícios contra a obstrução da luz por construções vizinhas.

Acerca das conseqüências do uso da luz natural em edificações, DEGANI e CARDOSO (2002) apontam a redução da carga energética empregada nos sistemas de aquecimento, refrigeração e iluminação dentre os indicadores de bom desempenho ambiental. De acordo com a IEA (2000), em um mundo preocupado com o aquecimento global, emissões de carbono e o desenvolvimento sustentável, o planejamento do uso da iluminação natural nas edificações tem se tornado uma importante estratégia, que contribui para tanto para a eficiência energética como para a redução das cargas térmicas dos ambientes. E acrescenta ainda que seu bom aproveitamento, além de reduzir consideravelmente o consumo de energia, melhora a qualidade da luz e do conforto nos ambientes internos e reflete em aspectos de saúde, psicológicos e de segurança.

Segundo Baker e Steemers (2002), a luz natural disponível para substituir a iluminação artificial pode ser proveniente tanto da luz direta do sol como a luz difusa do céu. Porém ela pode ser modificada de acordo com algumas características de climas, localização, nebulosidade, etc.

e.2 AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E EXAUSTÃO MECÂNICA (33)

Segundo Lamberts; Dutra e Pereira (2004), os sistemas artificiais para resfriamento ou aquecimento são estratégias de projeto que devem ser consideradas, assim como os sistemas naturais, uma vez que nem sempre é possível adotar somente os recursos naturais para proporcionar o conforto dos usuários. O clima local muitas vezes exige o uso de ventiladores, aquecedores ou equipamentos de ar condicionado. A atividade a ser realizada nos ambientes também exerce papel relevante, pois no caso de ambientes comerciais, a não utilização destes sistemas pode levar ao desconforto e à baixa produtividade.

Outro fator importante para dimensionar estes equipamentos é calcular a carga térmica, ou seja, a quantidade de calor total que deverá ser extraído ou fornecido ao ar do ambiente para mantê-lo em condições desejáveis de conforto. Para isto é necessário conhecer as variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas que irão influenciar nestes cálculos (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

A maneira como é utilizada a iluminação natural possui relação direta com estas variáveis, com exceção das variáveis humanas, que consideram o calor gerado pelos ocupantes, e dependem da atividade física (metabolismo) e do número de pessoas. Dentre as variáveis climáticas está o calor gerado pela insolação, que dependem da orientação, tipo das aberturas e respectivas proteções, a temperatura e umidade do ar externo. Dentre as variáveis arquitetônicas estão os fechamentos opacos e transparentes, e o calor fornecido pelas fontes de iluminação artificial e equipamentos. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

e.3 SEGURANÇA E SUPERVISÃO PREDIAL (38)

Segundo Serra (2002), os sistemas de controle e supervisão predial compreendem um conjunto de sensores, redes centrais de gestão, que atuam em conjunto para tornar o espaço arquitetônico mais seguro e confortável. Utilizam sensores como termômetros, antenas, fotômetros, circuitos de TV, receptores de diversos tipos de informação, atuam nos sistemas do edifício que promovem o controle do ambiente, como luz, som, ventilação e contribuem para o controle do consumo de energia e o conforto dos usuários. Assim, os sistemas podem atuar acompanhando as variações da luz durante do dia. Apesar das conseqüências positivas advindas do uso destes sistemas, esta vantagem não deve ser utilizada de forma indiscriminada. Os sistemas passivos de controle ambiental ainda são mais favoráveis para o desempenho ambiental das edificações.

4.2 A ILUMINAÇÃO NATURAL E AS EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS NOS INDICADORES AMBIENTAIS DA MATRIZ DE RELACIONAMENTOS

Este item verifica como a iluminação natural se relaciona com os Indicadores Ambientais que fazem parte da Matriz de Relacionamentos. São relacionados todos os indicadores que fazem parte da Matriz, agrupados de acordo com os domínios correspondentes, e ressaltados aqueles em que se verifica que a iluminação natural pode influenciar no desempenho ambiental das edificações aeroportuárias.

a) Domínio: EMISSÕES

Indicadores:

a.1 Dimensão Global

Emissões de gases de efeito estufa (CO₂, CH₄, SO₂, N₂O) (1); Emissões de SDOs (Substâncias que destroem a camada de ozônio) (2); Emissões de poluentes atmosféricos (3)

a.2 Dimensão Local

Ruído exterior (11); Odores emitidos (12)

As emissões considerada nos indicadores adotados pela Matriz, referem-se às emissões de gases na camada atmosférica, em que a utilização da luz natural nos ambientes pode influenciar no desempenho dos indicadores 1, 2 e 3.

Em muitos países do hemisfério norte²⁵ é comum o uso de combustíveis fósseis para a geração de energia elétrica produz elevados índices de emissões de CO₂ na atmosfera, o principal agente do efeito estufa que ameaça o equilíbrio térmico do planeta; implica no consumo de recursos materiais não renováveis, que tendem à escassez; e a conseqüente geração e dispersão de resíduos (ITeC, 2003). Além disto, a iluminação natural tem relação com as emissões de gases que provocam o efeito estufa provenientes da utilização de equipamentos de ar condicionado. Assim, edifícios que consideram apenas a climatização artificial sem a preocupação com a forma e localização contribuem para aumentar o uso de ar condicionado, o consumo de energia e, conseqüentemente, a emissão de gases poluentes.

De acordo com Baker; Fanchiotti e Steemers (1993), o aumento do interesse global na questão do meio ambiente e o interesse focalizado na redução do consumo de energia

²⁵ Embora não seja o caso brasileiro, que possui uma matriz energética de fontes renováveis. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), no Brasil, em 2005, cerca de 44,5% da OIE (oferta interna de energia) teve origem em fontes renováveis, enquanto que no mundo essa taxa é de 13,2% e nos países membros da OECD (Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico) é de apenas 6,1%. Desta participação da energia renovável, 14,8% correspondem à geração hidráulica e 29,7% a outras fontes renováveis. Os 55,5% restantes da OIE vieram de fontes fósseis e outras não renováveis (BRASIL, 2006).

das edificações, têm contribuído fortemente para que se estimule a volta do uso da iluminação natural em edifícios não residenciais²⁶.

Outras condições atmosféricas como poluição, gases e a luz refletida pelo entorno também podem influenciar a luz natural em uma escala local Baker e Steemers (2002).

Já os indicadores de emissões na dimensão local correspondem às emissões de ruído e odores pelas atividades realizadas nas edificações a serem analisadas. Neste caso a luz natural não exerce influência sobre o desempenho destes indicadores.

b) Domínio: RECURSOS NATURAIS E MEIO AMBIENTE

Indicadores:

b.1 Dimensão Global:

Recursos naturais reciclados (4); Armazenamento de materiais recicláveis (5)

b.2 Dimensão Local:

Economia de água (13); Valor ecológico do sítio (14); Número de espécies da flora por unidade de área (15); Qualidade da vegetação (16); Uso do solo e mudanças no valor ecológico da terra (17); Erosão do solo (18); Concentração de contaminantes no solo (19); Concentração de contaminantes em animais (20); Número de espécies identificadas por unidade de área (21); Qualidade de atrativos e desenvolvimento do sítio (22); concentração de contaminantes na água (23); número de coliformes por litro de água (24); Oxigênio dissolvido na água (25); Saúde dos moradores do entorno (26)

²⁶ Com relação à aplicação dos métodos existentes de avaliação de desempenho ambiental, Silva; Silva e Agopyan (2003a) fazem uma análise importante quanto a questões energética e de uso da iluminação natural, que devem ser considerados ao se importar métodos estrangeiros para o Brasil. Um dos aspectos importantes diz respeito à emissão de CO₂ durante a operação do edifício, parâmetro também analisado pelo GBC. Todos os métodos estrangeiros dão significativo valor a esta análise, tendo em vista que este é fator vinculado a países de clima frio, cujas matrizes energéticas são baseadas no uso de combustíveis fósseis e que possuem forte demanda para aquecimento dos ambientes. No caso brasileiro, este controle de CO₂ durante a operação dos edifícios passa a ter menor peso, pois, a necessidade de refrigeração dos ambientes é mais freqüente que de aquecimento; a eletricidade utilizada no país vem, na sua maior parte, de hidrelétricas; e, apenas uma pequena parcela do aquecimento de água, provém de combustível fóssil (gás). Considerando a realidade brasileira, os autores sugerem que seria mais eficiente o controle da emissão de CO₂ durante a produção de materiais de construção, certificando-se materiais e processos, e fazer um controle do uso da eletricidade a partir de um indicador de eficiência energética global do edifício. Ou seja, embora a preocupação com o consumo de energia seja comum às agendas ambientais de todos os países, as condições da matriz energética brasileira dariam uma pontuação elevada aos nossos edifícios, que na verdade teria pouco significado.

b.3 Dimensão do Espaço Interior

Consumo líquido anual de água por operações do edifício (48); Consumo de recursos naturais (49)

Os indicadores das dimensões global e do espaço interior têm pouca ou nenhuma influência pelo uso da luz natural nas edificações. Eventualmente pode haver alguma influência nos desempenho de alguns dos indicadores da dimensão local, como os de número de espécies da flora; qualidade da vegetação; uso do solo e mudanças no valor ecológico da terra; qualidade de atrativos e desenvolvimento do sítio, mas que não serão discutidos no presente trabalho por apresentarem um relacionamento de pequena relevância com os Elementos da Edificação no caso das edificações aeroportuárias.

No caso das usinas hidrelétricas, a maior fonte geradora de energia elétrica no país, deve-se atentar para a questão das reservas de recursos naturais, pois não é possível viabilizar sua implantação indefinidamente, devido às limitações de locação e implantação (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

O uso da luz natural, segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004), pode representar uma grande economia de energia tanto em ambientes residenciais como nos setores comercial e público. Uma vez que as edificações abrangem todos os setores de consumo do país, deve-se procurar prever uma articulação entre diversas entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, para, através de um enfoque multissetorial, promover a conservação e o uso eficiente da energia elétrica²⁷, reduzindo os desperdícios e impactos sobre o meio ambiente (ELETROBRAS, 2007). Lamberts, Dutra e Pereira (2004) acrescentam ainda que os estudos sobre a apropriação espacial destes edifícios devem ser realizados com o objetivo de se orientar as ações relativas à eficiência energética sem que haja prejuízo da qualidade do ambiente.

O uso cuidadoso da iluminação natural desde a concepção do projeto arquitetônico, considerando os aspectos citados acima, estará contribuindo para o uso consciente dos recursos naturais e do meio ambiente, além de proporcionar espaços mais confortáveis aos usuários.

²⁷ O PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, vinculado à Eletrobrás) criou um plano de ação para o desenvolvimento da eficiência energética em edificações, buscando desenvolver as seguintes atividades: desenvolver requisitos básicos para arquitetura bioclimática; indicadores de eficiência energética em edificações; certificação de materiais e equipamentos; procedimentos para regulamentação e legislação; mecanismos para aporte de recursos financeiros e remoção de barreiras para implementação de projetos; projetos educacionais e de interesse social. A INFRAERO tem trabalhado em conjunto com as ações estratégicas do PROCEL em vários aspectos.

c) Domínio: CLIMA

Indicadores:

c.1 Dimensão Local

Ventos locais (6); Chuvas (7); Incidência solar (8); Temperaturas locais (9); Umidade relativa do ar (10).

Os indicadores da dimensão local relacionados ao clima apresentam forte relação com a luz natural, tanto que a Matriz de Relacionamentos considera os aspectos do clima tanto nos Elementos da Edificação quanto nos Indicadores Ambientais, uma vez que em nível local, certas características das edificações e do ambiente onde estão localizadas podem modificar o microclima. A seguir são apresentadas algumas considerações sobre a importância dos elementos do clima no desempenho ambiental das edificações.

Conhecer o clima e suas características é o principal caminho para a arquitetura fazer melhor utilização da luz natural e com isto poder contribuir para o desempenho do edifício sob os aspectos de conforto do ambiente, consumo de energia e qualidade arquitetônica.

A luz faz parte da relação fundamental entre a forma e o clima, tanto como elemento formador do espaço como forma de expressão plástica, efeitos e sensações psicológicas, como criador de ritmos – o dia e a noite, as estações do ano – e de conforto no espaço construído, como fonte de calor e energia (VIANNA; GONÇALVES, 2001). O principal elemento para um projeto que utilize adequadamente a luz natural é compreender o clima local. (LOE; MANSFIELD, 1997).

O clima, por sua vez, tem importante papel na compreensão do que deve ser controlado no ambiente a fim de se obter resultados satisfatórios na arquitetura. Segundo Romero (2001), existem elementos e fatores relacionados ao clima, que atuam em conjunto, sendo cada um deles o resultado da conjugação dos demais, e que terão papel determinante para uma arquitetura que busque o equilíbrio entre o homem e o meio ambiente. São eles os fatores climáticos globais, “aqueles que condicionam, determinam e dão origem ao clima nos seus aspectos mais globais, tais como a radiação solar, latitude, longitude, altitude, ventos e as massas de água e terra”; os fatores climáticos locais, aqueles que dão origem ao microclima, como a topografia, a vegetação e a superfície do solo natural ou construído; e os elementos climáticos, ou seja, “aqueles que representam os

valores relativos a cada tipo de clima, tais como a temperatura, a umidade do ar, as precipitações e os movimentos do ar”.

Neste contexto da luz do céu relacionada ao clima em função da quantidade de insolação recebida pela edificação, as janelas e as aberturas zenitais exercem importante função quanto ao conforto do ambiente construído. Além de elementos determinantes na caracterização da forma do edifício como resultado plástico, as suas características com relação a forma, tamanho e material, podem ainda se associar a dispositivos de proteção ou captação da radiação solar, cujo resultado pode contribuir ou comprometer o conforto térmico e visual no interior das edificações (VIANNA; GONÇALVES, 2001). Por exemplo, em climas tropicais quentes e úmidos o uso de grandes janelas contribui para a ventilação, o conforto térmico e o controle da radiação solar, realizado com o uso de protetores solares. Dentre suas funções as janelas permitem: prover luz natural aos ambientes; conforto térmico e ventilação; controle do ruído; contato visual com o exterior; controle do ofuscamento; contribuir para a higiene e saúde; controle do desbotamento; resistência à condensação; função estética; função estrutural; estanqueidade, privacidade e segurança.

O conhecimento do clima irá utilizar as estratégias para a luz natural como fator determinante de projeto, e, conseqüentemente, como fator da arquitetura, seja relacionando com a forma, funcionalidade, conforto ambiental e eficiência energética.

Segundo Souza (2006), a arquitetura pode atender às questões de eficiência energética aproveitando os elementos do clima e se adequando ao lugar, reforçando o conceito de arquitetura bioclimática de Romero (2001), que se traduz numa forma de desenho lógico, que reconhece a persistência do existente, se adequa culturalmente ao lugar e aos materiais locais, fazendo da concepção arquitetônica uma mediadora entre o homem e o meio.

Para Baker, Fanchiotti e Steemers (1993), a luz natural recebida pelas aberturas dos edifícios vem de uma combinação de três fontes: a iluminação direta da abóbada celeste, a iluminação direta do sol e a refletida das superfícies externas. O controle da qualidade da luz nos ambientes deverá considerar: a) as superfícies do piso ao redor do edifício; b) as superfícies externas dos edifícios vizinhos; e c) a escolha da orientação e do tipo das aberturas. Assim, é importante que os projetistas concebam o ambiente visível como um campo tridimensional altamente estruturado, em que a arquitetura irá tomar a forma do campo de luminância, as causas controláveis de projeto mais importantes que irão influenciar a luz natural dentro de um determinado ambiente serão:

- a forma do envelope
- a geometria, localização e orientação das aberturas;
- as características da superfície.

As condições meteorológicas regionais e a localização irão determinar a nebulosidade e, a partir daí, a distribuição estatística dos dias de céu claro, encobertos ou parcialmente encobertos. A posição relativa do sol é de vital importância para se determinar a luz natural, sistemas solares passivos através das aberturas, bem como os dispositivos de sombreamento. Conhecer estas características pode levar a uma arquitetura com o uso mais eficiente da luz natural disponível (BAKER; STEEMERS, 2002)

Na Matriz de Relacionamentos o Clima representa um dos domínios relacionados aos Indicadores da dimensão Local. Porém, na mesma Matriz todos os fatores relacionados ao clima também fazem parte dos Elementos da Edificação (insolação, ventos, temperatura local e umidade), como aspectos arquitetônicos que devem ser considerados quando da implantação de um edifício e que podem interferir no desempenho de Indicadores Ambientais em qualquer uma das dimensões: Global, Local ou do Espaço Interior. Isto vem ressaltar a importância que devem ter os fatores climáticos no desempenho ambiental da edificação, e amplia o peso da iluminação natural em relação à Matriz.

d) Domínio: OCUPAÇÃO DO SOLO

Indicadores:

d.1 Dimensão Local

Sombreamento de outros prédios ou relevo (27); Impactos no terreno e propriedades adjacentes (28); Área livre consumida pela edificação e apoio (29); Efeitos sobre o tráfego local (30).

Para o domínio da ocupação do solo, considerando o porte das edificações aeroportuárias, a influência da iluminação natural nos indicadores não seria imediata quando da construção dos terminais aeroportuários. Porém em caso de ampliações, comuns neste tipo de edificação, pode ser que ocorra algum nível de relacionamento com os indicadores relacionados ao sombreamento de outros prédios e na área livre consumida pela edificação e apoio quanto ao aproveitamento da luz natural.

Devem-se também observar as condições locais do terreno, pois elas podem modificar o microclima e as características da luz natural (BAKER; STEEMERS, 2002). De acordo com Baker e Steemers (2002), alguns terrenos estão mais expostos à poluição enquanto outros estão mais propensos à neblina e cerração devido às variações locais na temperatura do ar, vento e umidade. Porém o maior impacto no microclima relacionado à luz natural ocorre devido às obstruções, que provocam o sombreamento e impedem a iluminação direta do sol ou da abóbada celeste em certos períodos do dia ou do ano. Quando as obstruções estão distantes, como no caso da presença de montanhas ou outros elementos do relevo, o impacto é percebido de uma forma mais global sobre o terreno.

e) Domínio: SAÚDE

Indicadores:

e.1 Dimensão Local

Saúde dos moradores do entorno (26)

e.2 Dimensão do Espaço Interior

Fumantes passivos (31); Qualidade do ar, ventilação e umidade (32); Iluminação natural, artificial e acuidade visual (33); Ruído e acústica (34); Saúde dos usuários da edificação (35)

Os indicadores de saúde dos moradores do entorno (Local) e fumantes passivos (Espaço Interior) não serão considerados neste trabalho, por apresentarem nível de relacionamento nulo ou quaternário com relação à luz natural. Já os demais indicadores são influenciados pela luz natural, conforme considerações a seguir.

A luz, além de ser indispensável pra a percepção visual, também regula processos metabólicos no corpo humano e exerce influência em seu estado imunológico, como por exemplo, na resistência do corpo a agentes patogênicos. (BAKER; FANCHIOTTI, STEEMERS, 1993).

Segundo a IEA (2000), a luz natural pode provocar efeitos sobre a saúde na pele, nos olhos, secreções hormonais e no estado de ânimo das pessoas. A sua variação temporal é importante no combate à Síndrome do Edifício Doente²⁸ (SED). Em alguns

²⁸ O termo SED ou SBS - *Sick Building Syndrome* - é utilizado para descrever situações em que os ocupantes de um determinado edifício experimentam efeitos adversos à saúde e ao conforto (BRICKUS; AQUINO NETO, 1999; WHO, 1984, *apud* GIODA; AQUINO NETO, 2003).

climas, os sistemas de iluminação natural que promovem maior quantidade de iluminância durante o inverno e menor quantidade durante o verão (inversamente proporcional à disponibilidade de luz) são bastante recomendáveis, pois contribuem para controlar os efeitos das variações sazonais sobre o comportamento dos usuários.

Contribui ainda para este estímulo a preocupação com a qualidade do ambiente interno (QAI)²⁹ dos ocupantes dos edifícios e o fenômeno da Síndrome dos Edifícios Doentes (SED), particularmente associados a edificações que são climatizadas artificialmente³⁰, à qualidade da luz e ventilação no ambiente. Segundo John; Silva e Agopyan, um dos motivos de preocupação com a QAI deve-se à “tendência a aumentar a estanqueidade do envelope das edificações em favor da conservação de energia, mas que restringe a renovação do ar e a eliminação de componentes volatilizados ao longo da ocupação do edifício”.

As condições de iluminação internas também possuem considerável influência no estado de sanidade mental, podendo afetar a saúde psicológica, psico-emocional e saúde geral dos indivíduos (BAKER; FANCHIOTTI; STEEMERS, 1993).

De acordo com Serra (2002), existe uma correlação entre o tipo de luz e as horas do ciclo dia-noite que influenciam as reações humanas e seu estado de saúde. O organismo humano, naturalmente preparado para ciclos claro-escuro determinados, se adapta com dificuldades a estas condições artificiais impostas pelos modos de vida atuais, com excesso de luz no período noturno e escassez ou pouca adequação durante o dia.

Edwards (2001) relaciona a questão psicológica do espaço com a saúde, atribuindo a responsabilidade dos projetistas em criar ambientes que reduzam o stress e que respondam às necessidades dos usuários. Para o autor, o stress laboral pode ser resultado do excesso de trabalho, de um entorno opressivo ou da perda de contato com os ciclos naturais (como a percepção do dia e da noite). O efeito da luz solar sobre as paredes, ambientes bem ventilados e banhados pela luz diurna, a presença de plantas no interior e o contato com a paisagem no exterior, constituem fontes naturais de estímulo para os sentidos.

²⁹ QAI ou IAQ (*Indoor Air Quality*)

³⁰ Também com relação à aplicação de métodos de avaliação de desempenho ambiental provenientes de outros países, outra consideração pode ser feita quanto às exigências para atendimento do requisito iluminação natural, como parte da categoria da ‘qualidade do ambiente interno’. Considerando as características dos países de origem dos métodos de avaliação, com latitudes pouco favoráveis à iluminação natural, os métodos têm um baixo nível de exigência que são facilmente alcançados pelos edifícios brasileiros que atendam às exigências mínimas dos códigos de obras. Isto faz com que o emprego de estratégias de iluminação natural muitas vezes não resulte em diferença significativa no resultado deste item. Isto, no entanto, será paulatinamente corrigido à medida em que estes métodos vem sendo adaptados à realidade brasileira.

f) Domínio: RISCOS**Indicadores:****f.1 Dimensão do Espaço Interior**

Riscos com materiais/ produtos perigosos (36); Riscos físicos e ergonômicos (37)

No caso dos riscos na dimensão do Espaço Interior, o nível de iluminâncias, bem como a distribuição dos seus diferentes valores pelo ambiente, possibilita a melhor visão, o desenvolvimento das tarefas mais precisas e a apreciação das cores com exatidão, evitando-se riscos de acidentes.

g) Domínio: CONFORTO**Indicadores:****g.1 Dimensão do Espaço Interior**

Conforto higrotérmico e superaquecimento (38); Conforto visual e lumínico (39); Conforto acústico (40); Conforto olfativo (41); Conforto ergonômico (42)

Neste domínio há uma evidente participação da luz natural no desempenho dos indicadores ambientais, principalmente nos relacionados ao conforto higrotérmico e visual.

O principal objetivo de uma edificação é proporcionar níveis adequados de conforto a seus usuários. Os parâmetros mais comumente aceitos relacionados aos ambientes internos estão relacionados ao conforto térmico, qualidade do ar interior, qualidade acústica e de iluminação. Entretanto, as condições gerais de conforto incluem critérios qualitativos, subjetivos e mais difíceis de serem atendidos, como controle local das condições do ambiente, visão do ambiente externo, cores, configuração do layout, etc. (BURTON, 2001).

Corbella e Yannas (2003) afirmam que “uma pessoa está confortável com relação a um acontecimento ou fenômeno quando pode observá-lo ou senti-lo sem preocupação ou incômodo”, complementando que “o ambiente físico é confortável quando se sente em neutralidade com relação a ele”. Uma edificação tem como uma de suas funções criar espaços que atendam a múltiplos problemas: funcionais, estéticos, solicitações sócio-econômicas, culturais e tecnológicas ajustadas às normas de habitabilidade e às

necessidades dos usuários que as ocupam, os quais devem ser trabalhados pela arquitetura de forma a favorecer esta neutralidade.

Segundo Kricheldorf e Hackenberg (2003), para se obter um local adequado ao ser humano, com nível desejável de conforto, deve-se considerar além do espaço físico as atividades a serem realizadas neste ambiente. O conforto e a produtividade do ser humano possuem uma forte ligação entre si. A otimização de elementos, meios e procedimentos que interferem no trabalho gera aumento da produtividade e conseqüente aumento da rentabilidade, redução de custos, motivação pessoal e melhoria da qualidade de vida. Assim, Olgyay *apud* Kricheldorf e Hackenberg (2003), afirma que para se criar um ambiente adequado ao trabalho em todos os seus aspectos, deve-se levar em conta alguns fatores, como a luz, o som, o clima, o espaço e os seres vivos, cuja combinação irá desencadear reações físicas e psicológicas no ser humano resultando num equilíbrio biológico.

h) Domínio: ENERGIA

Indicadores:

h.1 Dimensão do Espaço Interior

Consumo energético (de fontes renováveis, exceto energia elétrica) (43); Consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício (44); Consumo energético de combustíveis fósseis (45); Ciclo de vida do uso de energia (46); Cargas térmicas (47)

O uso da iluminação natural nas edificações aeroportuárias pode contribuir para o desempenho dos Indicadores relacionados à energia de maneira efetiva, como pode ser visto a seguir.

A maioria das edificações poderia atuar mais ativamente em ações que resultassem em economia de energia e melhor utilização dos recursos naturais. É possível aplicar desde a fase de projeto, incluindo a etapa de construção e de utilização final, conceitos e avanços na área de arquitetura bioclimática, materiais, equipamentos e tecnologia construtiva vinculados à eficiência energética (ELETROBRAS, 2007). À medida que se aprofunda o conhecimento sobre a eficiência energética na arquitetura, tanto com relação ao projeto como da especificação de materiais e equipamentos, podem ser reduzidas as necessidades nacionais de produção de energia elétrica, resultando em benefícios como redução nos custos de obra e de consumo de energia (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

Nos últimos anos tem crescido o reconhecimento da contribuição da luz natural para a conservação de energia nas edificações (BELL; BURT, 1995). Os autores ressaltam, porém, que a utilização eficiente da luz natural que representa eficiência energética e proporciona conforto na utilização do espaço requer cuidados de projeto tais como controles de ofuscamento, sombreamento e consumo de energia elétrica, o que torna cada vez mais importante a integração entre a iluminação natural e a artificial.

Segundo LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA (2004) pode-se considerar a eficiência energética como a obtenção de um serviço com baixo consumo de energia. Este conceito, transportado para uma edificação, leva a concluir que “um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia”.

De acordo com o PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia – (ELETROBRAS, 2007), as edificações são responsáveis por cerca de 48% do consumo de energia elétrica no Brasil, considerando-se os setores residencial e comercial, sendo que grande parte dessa energia é consumida na geração do conforto ambiental aos usuários, com iluminação e condicionamento de ar. As estatísticas mostram que o potencial de conservação em prédios já construídos pode ser de até 30%, chegando a 50% em prédios novos.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004), os setores residencial, comercial e público concentram a parte mais significativa para atuação dos projetistas na busca da eficiência energética das edificações. Este setor representa cerca de 64% do consumo, sendo a iluminação artificial e o ar condicionado os maiores consumidores de energia, correspondendo a 44% e 20% respectivamente. Entre as razões que justificam este consumo estão a diversidade de uso dos espaços e o horário de funcionamento que, devido ao tipo de atividade, pode ser diurno, noturno ou nos dois períodos. Outra razão é o fato de contar com maior densidade de usuários, equipamentos e lâmpadas, o que tende a produzir um sobreaquecimento dos ambientes, mesmo em situações em que o clima exterior indica conforto térmico.

Considerando que a produção de energia é um dos principais elementos responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa, neste caso o Brasil se encontra em condição privilegiada, em termos mundiais. Ocorre que a diferença fundamental do sistema brasileiro para o de outros países é que quase 90% da capacidade de geração são de origem hidráulica - em termos de geração esta proporção chega, em média, a 95%. Pode-se

dizer que tal característica é quase única no mundo, tendo em vista que a participação média de fontes renováveis no mundo não ultrapassa 14%; se considerados somente os países desenvolvidos, essa proporção cai ainda mais, para apenas 6%. (ELETROBRÁS, 2007).

As estatísticas mostram que o potencial de conservação em prédios já construídos pode ser de até 30%, chegando a 50% em prédios novos. A maioria das edificações desperdiça relevantes oportunidades de poupar energia e custos, por não considerar, desde o projeto arquitetônico, passando pela construção, até à utilização final, os importantes avanços ocorridos nas áreas de arquitetura bioclimática, materiais, equipamentos e tecnologia construtiva vinculados à eficiência energética (ELETROBRÁS, 2007).

Contudo a conservação de energia não é o único aspecto a ser considerado pelo uso da iluminação natural. O projetista deve respeitar as necessidades com relação aos aspectos visuais dos usuários, quais as condições favoráveis para que se enxergue bem e confortavelmente. Estas condições não são alcançadas simplesmente com um nível adequado de iluminação. Deve-se controlar o ofuscamento direto e indireto, os padrões de contraste devem ser apropriados (BAKER; FANCHIOTTI; STEEMERS, 1993: ix)

Um projeto de iluminação natural bem concebido irá resultar em economia de energia elétrica tanto relacionada à iluminação artificial quanto ao consumo gerado pelo ar condicionado. Vale lembrar que toda a energia elétrica utilizada na iluminação é convertida em energia térmica, o que contribui para aumentar a temperatura interna dos ambientes (ITeC, 2003).

Segundo Baker; Fanchiotti e Steemers (1993), a economia de energia pelo uso da iluminação natural está fortemente associada aos sistemas de iluminação artificial e suas formas de controle. Deve ser considerado não apenas a questão energética, mas também a produtividade. O uso eficiente da luz natural em ambientes de trabalho proporciona um espaço mais eficiente e produtivo, ao mesmo tempo em que aumenta a sensação de bem-estar. Para Vianna e Gonçalves (2001), nos edifícios onde são realizadas atividades de trabalho, por exemplo, a importância da iluminação fica mais evidente, pois as melhores condições de trabalho resultam em maior rapidez, menor cansaço e, conseqüentemente, menor número de erros, eficiência e melhor produtividade.

i) Domínio: O EDIFÍCIO

Indicadores:

i.1 Dimensão do Espaço Interior:

Sistemas e materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes (50); Flexibilidade e adaptabilidade (51); Compatibilidade dos sistemas (52); Plano de manutenção, operação e controle (53); Treinamento dos usuários do edifício (54); Erosão das construções (55).

Este domínio da Matriz de Relacionamentos considera o edifício como um sistema e o associa às condições de operação. Neste caso o uso da luz natural pode influenciar o desempenho dos indicadores ambientais que venham contribuir para o uso mais eficiente das edificações aeroportuárias, principalmente devido ao seu porte e exigências quanto aos planos de manutenção dos diversos sistemas prediais.

A relação entre a iluminação natural e o edifício se dá sob diversos aspectos, tais como a localização, o clima local, a forma, as fachadas, orientação e sistemas das aberturas, materiais utilizados, na forma de utilização dos espaços. Na relação entre a iluminação e o edifício pode-se tirar partido da vegetação para o sombreamento e proteção das aberturas; associar a iluminação natural ao uso racional da iluminação artificial para economia de energia ou ainda utilizá-la como fonte alternativa de energia para promover o aquecimento de água ou geração de energia elétrica (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

Segundo Mascaró (1985) a localização, orientação (ao sol e aos ventos), forma e altura do edifício compõem um conjunto de fatores que, relacionados ao clima local, contribuem para o desempenho do edifício. Assim, os sistemas de proteção solar limpeza das superfícies envidraçadas, bem como o treinamento adequado dos usuários e equipes de manutenção são importantes recursos que complementam as ações para o desempenho das edificações como um todo.

j) Domínio: RESÍDUOS

Indicadores:

j.1 Dimensão do Espaço Interior:

Resíduos sólidos comuns (56); Resíduos sólidos recicláveis (57); Resíduos químicos (58); Resíduos perfuro-cortantes (59); Resíduos de serviços de saúde (60); Efluentes líquidos (61); Reuso de água tratada (62)

O domínio Resíduos não será abordado no presente trabalho, considerando que o nível de relacionamento entre os Elementos da Edificação, utilizando da iluminação natural, é nulo ou de pequena relevância com relação aos Indicadores Ambientais da Matriz.

4.3 PARÂMETROS PARA UTILIZAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL NA OBTENÇÃO DE CONFORTO LUMINOSO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Parâmetros de conforto luminoso e térmico são utilizados para a análise da situação original (real) e das propostas para melhoria do ambiente (AMORIM, 2005). Segundo Vianna e Gonçalves (2001), embora a boa iluminação de um ambiente não ocorra apenas em função do nível de iluminâncias de um ambiente – outros fatores, como proporção correta das luminâncias, controle de ofuscamento ou o emprego adequado das cores, também interferem para a qualidade satisfatória da iluminação - o nível de iluminância (E) é uma importante característica da iluminação, bem como a distribuição dos seus diferentes valores pelo ambiente. A seguir serão apresentados alguns parâmetros para utilização da luz natural, sendo que o presente trabalho irá adotar somente parâmetros referentes à iluminância, os quais serão aplicados nos estudos de caso para análise das medições *in loco* e simulações (ver capítulo 5).

a) iluminância média no plano de trabalho

A ABNT NBR 5413 (1992) fixa níveis de iluminação recomendados para diferentes tipos de atividades, baseados numa iluminação constante e uniforme sobre um plano de trabalho. Nas Tabelas 3 e 4 abaixo estão relacionadas algumas das recomendações da citada norma para ambientes que podem ser encontrados em aeroportos. Vale observar que estas são normas adotadas para atividades relacionadas à iluminação artificial, porém, são adotados como referência para a luz natural.

Tabela 3 - Fatores determinantes da iluminância

Características da tarefa e do observador	PESO		
	-1	0	+1
IDADE	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
VELOCIDADE E PRECISÃO	Sem importância	Importante	Crítica
REFLETÂNCIA DO FUNDO DA TAREFA	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

Fonte: (ABNT NBR 5413,1992)

Tabela 4 - Níveis de iluminância por atividade

ATIVIDADE	ILUMINÂNCIA (Lux)
ESTAÇÕES FERROVIÁRIAS E RODOVIÁRIAS	
Sala de espera	100 – 150 – 200
Escritórios e guichês	300 – 500 – 750
Plataformas	100 – 150 – 200
Lavatórios	100 – 150 – 200
Sala de refeições	100 – 150 – 200
Depósito de bagagens	150 – 200 - 300
HANGARES	
Consertos e manutenção	300 – 500 – 750
Revisão de motores	300 – 500 – 750
HOTÉIS E RESTAURANTES	
Restaurantes	100 – 150 – 200
Lanchonetes	150 – 200 – 300
Auto-serviço	150 – 200 - 300
Sala de leitura (geral)	100 – 150 – 200
Sala de leitura (mesa)	200 – 300 – 500
Cozinha (geral)	100 – 150 – 200
Cozinha (local)	300 – 500 - 750
Salão de conferências	100 – 150 - 200
BANCOS	
Atendimento ao público	300 – 500 - 750
Salas de gerentes	300 – 500 – 750
Guichês	300 – 500 - 750
BARBEARIAS	
Geral	150 – 200 – 300
CINEMAS e TEATROS	
Sala de espera, <i>foyer</i>	100 – 100 – 200
Bilheterias	300 – 500 – 750
LOJAS	
Vitrinas e balcões (centros comerciais de grandes cidades)	
Geral	750 – 1000 - 1500
Iluminação suplementar com fecho concentrado	3000 – 5000 – 7500
Interior de:	
Loja de artigos diversos	300 – 500 – 750
Centros comerciais	300 – 500 – 750
Outros locais	300 – 500 - 750
MUSEUS	
Geral	75 – 1-00 – 150
Quadro (iluminação suplementar)	150 – 200 – 300
Esculturas e outros objetos	300 – 500 - 750
CORREDORES e ESCADAS	
Geral	75 – 100 – 150
TERMINAIS DE VÍDEO	
Leitura de documentos (para datilografia)	300 – 500 - 750

ATIVIDADE	ILUMINÂNCIA (Lux)
Teclado	300 – 300 - 300
LAVATÓRIOS	
Geral	100 – 150 – 200
Espelho	200 – 300 - 500
GARAGENS	
Estacionamento interno	100 – 150 – 200
Lavagem	150 – 200 – 300

Fonte: (ABNT NBR 5413,1992)

b) ponto de saturação - iluminâncias máximas

Segundo Vianna e Gonçalves (2001), para a visão, o nível ótimo de iluminância não é, necessariamente, o mais alto nível que pode ser conseguido economicamente, e sim aquele que possibilita um reconhecimento rápido e fácil da mensagem sem causar cansaço visual. De fato, quanto mais luz houver no plano de trabalho, melhor será o desenvolvimento das tarefas e a distinção das diferenças de cor e detalhes. Contudo este incremento possui implicações sob os aspectos econômicos e de eficiência visual. Do ponto de vista econômico, a elevação do nível de iluminâncias pode implicar em aumento do consumo de energia, seja com o aumento do uso de iluminação artificial ou de ar condicionado para controlar os ganhos térmicos obtidos pela incidência da luz no ambiente. Do ponto de vista da eficiência visual, a partir de 2000 lux atinge-se o ponto de saturação, “o limite a partir do qual qualquer incremento de iluminância não traz nenhuma melhoria para a acuidade visual” (VIANNA; GONÇALVES, 2001).

Segundo Pereira, valores de iluminância maiores que 4000 lux geram insatisfação aos usuários devido ao aumento da claridade, produzem ofuscamento, reflexos indesejados, além de contribuir para o ganho de calor no ambiente e o consumo de energia.

E max: não superior a 2000 lux

c) uniformidade de iluminância (U_o)

O Fator de Uniformidade de iluminância é a razão entre a luminância mínima sobre uma superfície e a iluminação média sobre a mesma superfície (VIANNA; GONÇALVES, 2001). De acordo com a Comissão Internationale de L'Eclairage (CIE) (CIE apud AMORIM, 2000) deve-se considerar a seguinte referência:

Iluminância mínima/iluminância média > 0,8
--

Lamberts; Dutra e Pereira (2004) ressaltam ainda que a boa distribuição de iluminâncias não é sinônimo de uniformidade e que o contraste e o padrão das sombras dependem da tarefa visual.

Segundo Vianna e Gonçalves (2001), a iluminação lateral tem como característica marcante sua desuniformidade em termos de distribuição pelo ambiente. Nestes casos, o nível de iluminância diminui rapidamente com o aumento da distância da janela, sendo necessária uma complementação, preferencialmente com iluminação natural. Pode ser utilizada a iluminação bilateral, zenital ou mesmo a artificial, de acordo com a necessidade. Deve ser verificada a conveniência do uso de cada estratégia em função do tipo e da função do espaço a ser projetado. Por exemplo, em locais de trabalho, os níveis de iluminância mínimos quanto à uniformidade da distribuição da luz são critérios essenciais de desempenho luminoso; outros locais como circulação e ambientes de estar, podem admitir níveis inferiores de iluminância sem a exigência da uniformidade.

d) OFUSCAMENTO

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2004), o ofuscamento ocorre “quando o processo de adaptação não transcorre normalmente devido a uma variação muito grande da iluminação e/ou a uma velocidade muito grande”, o que pode causar perturbação, desconforto ou mesmo a perda da visibilidade. Os ofuscamentos podem ser classificados em dois tipos:

- desconfortáveis ou perturbadores, que não impedem necessariamente o desenvolvimento da tarefa visual.;
- inabilitadores, que impedem o desenvolvimento da tarefa visual, podendo ser prejudiciais à visão.

Um dos fatores que pode provocar o ofuscamento é a saturação, que ocorre quando o olho é saturado com luz em excesso, quando os valores da iluminância média da cena ultrapassam 25.000 cd/m².

Luminância média da cena < 25.000 cd/m ²

e) contraste de luminâncias

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004), o contraste é a diferença entre a luminância (brilho) de um objeto e a luminância do entorno imediato a este objeto. A sensibilidade ao contraste melhora com o aumento da luminância. A iluminação contribui até um certos limites, pois pode ocorrer ofuscamento.

De acordo com Baker, Fanchiotti e Steemers (1993), devem ser observadas as seguintes proporções de luminâncias: 40:1 para o contraste máximo em qualquer parte do ponto de visão (no ambiente); 10:1 entre a tarefa e as superfícies escuras mais afastadas (campo visual)

Proporções de Luminâncias 40:1 para o ambiente 10:1 para o campo visual

4.3.1 Outros parâmetros de projeto para utilização da iluminação natural

Diversos autores e normas consideram a importância da utilização da iluminação natural nas edificações e estabeleceram parâmetros ou critérios de projeto para este fim. A seguir são apresentados alguns deles, que podem contribuir para o bom desempenho ambiental das edificações.

Os parâmetros para utilização da luz natural estabelecidos pela IEA (2000) podem ser aplicados dentro do contexto específico de cada edificação e determinar qual o melhor sistema para se alcançar os objetivos do projeto. Eles incluem performance, conforto, consumo de energia, economia e integração dos sistemas prediais, utilizando tanto as soluções convencionais como novas tecnologias e soluções. O objetivo principal é desenvolver um sistema de iluminação natural que proporcione seu uso adequado ao clima local e ao tipo de construção em um significativo período do ano, de forma que a iluminação artificial possa ceder lugar à luz natural e as cargas com a climatização dos ambientes sejam reduzidas. São indicadas as seguintes soluções para projeto:

- a) Levar a luz natural à maior profundidade possível dentro dos ambientes adotando sistemas convencionais de janelas.

- b) Melhorar a forma de utilização da luz natural tanto em climas com céu predominantemente encoberto como em climas onde é necessário o controle da incidência solar direta.
- c) Melhorar a condições de uso da luz natural para janelas que estejam bloqueadas por obstruções externas ou que tenham reduzida visão do céu.
- d) Utilizar sistemas de transporte de luz natural aos ambientes que não possuem janelas.

Para Bell e Burt (1995) certas implicações arquitetônicas relacionadas à luz natural vão além das questões relativas à iluminação ou eficiência energética, e alguns parâmetros devem ser observados para o bom desempenho da edificação, tais como:

- a) Observar que na maioria das construções, as janelas e aberturas zenitais são também os principais meios de obtenção de ventilação natural.
- b) O tamanho das aberturas para luz natural tem relação direta com o ganho e perda de calor pelo ambiente.
- c) A existência de ruídos externos pode restringir a abertura das janelas. No caso de janelas grandes, pode haver comprometimento da ventilação do ambiente, tornando-o quente no dia-a-dia.
- d) Grandes áreas envidraçadas podem representar riscos de segurança, como por exemplo, a quebra acidental das superfícies de vidro.
- e) As áreas envidraçadas requerem condições de acesso e segurança para manutenção e limpeza.
- f) As áreas envidraçadas, muitas vezes requerem equipamentos de proteção solar como painéis, persianas, que devem ser consideradas na etapa de projeto, tendo em vista custos de implantação e manutenção.

Baker e Steemers (2002) consideram que a readequação ou *retrofit*³¹ de construções existentes oferece oportunidades de melhoria das condições da luz natural nas edificações. Nestes casos devem ser feitas análises do edifício considerando sua forma, localização no

³¹ O *retrofit* das edificações tem como objetivos adaptar a edificação a novas necessidades e usos; valorizar ou a recuperar o valor do imóvel; melhoria do ambiente interno e redução do consumo de energia (BURTON, 2001).

terreno e sua relação com as construções vizinhas, clima, disponibilidade de luz natural, orientação das aberturas. Sistemas simples de iluminação geralmente apresentam melhores desempenhos, uma vez que a quantidade de luz natural que entra nos ambientes depende de três fatores principais:

- a) a luminância da porção do céu que é vista por trás da janela
- b) o ângulo formado por esta porção de luz
- c) a capacidade da janela em levar a luz natural para o interior do ambiente – área e transparência.

Baker, Fanchiotti e Steemers (1993), complementam ainda que devem ser aproveitadas as diferentes configurações das superfícies e a variedade de fenômenos físicos existentes, tais como reflexão, refração, difusão e absorção da luz e procurar utilizar a luz de forma difusa, preferencialmente como luz indireta. Especialmente no caso dos países do hemisfério sul, pode ser difícil utilizar a luz natural direta nos ambientes de trabalho, devido à alta intensidade, variações constantes devido à rota do sol e às mudanças meteorológicas.

Vianna e Gonçalves (2001) destacam alguns parâmetros que podem também ser estendidos à iluminação artificial, uma vez que muitas vezes elas são aplicadas de forma integrada à edificação. Em primeiro lugar, deve-se definir o partido arquitetônico com relação à iluminação, se será priorizada a iluminação natural, a artificial ou uma combinação.

Para Corbella e Yannas (2003), o bom aproveitamento da luz natural deve prever o uso das cores, das luminâncias, o controle das perturbações visuais – como o ofuscamento– e a própria maneira de distribuir os níveis de iluminância pelo local, resultando em uniformidade ou jogo de luz e sombra, de acordo com as necessidades do homem e suas relações de conforto com o espaço.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 15215-2 - Parte 3, 2005) considera que um bom projeto de iluminação natural deve tirar proveito e controlar a luz disponível, maximizando suas vantagens e reduzindo suas desvantagens, sendo que as decisões mais críticas a este respeito são tomadas nas etapas iniciais de projeto. É importante estabelecer os valores de iluminâncias e a distribuição de luz necessária para as atividades em cada ambiente, definindo-se prioridades em termos de exposição à luz

natural. Assim, para alguns ambientes pode ser recomendável uma iluminação mais uniforme; em outros pode ser desejável maior variação. Já os ambientes nos quais os usuários ocupam posições fixas devem seguir critérios diferenciados daqueles onde as pessoas podem mover-se livremente na direção das aberturas ou afastando-se delas.

Ainda de acordo com a ABNT NBR 15215-2 - Parte 3, (2005), são vários os requisitos para um bom projeto que aproveite a luz natural. Ao contrário da ABNTNBR 5413

(1992), que fixa níveis de iluminação recomendados para diferentes tipos de atividades com base em uma iluminação constante e uniforme sobre um plano de trabalho, o início de um projeto de iluminação natural não parte de valores absolutos, mas de uma medida da iluminação natural interna num dado local como uma percentagem da iluminação externa. Esta medida, recomendada pela CIE, é conhecida como *Daylight Factor* (DF) ou Fator de Luz Diurna (FLD³²), e pode ser definida como a “razão entre a iluminação natural num determinado ponto num plano horizontal interno devido à luz recebida direta ou indiretamente da abóbada celeste com uma distribuição de luminâncias conhecida, e a iluminação num plano horizontal externo produzida pela abóbada celeste totalmente desobstruída, expressa como uma percentagem”. (ver expressão 1)

$$DF \text{ ou } FLD = \frac{E_P}{E_E} * 100\%$$

Expressão (1)

Os valores de E_P podem ser obtidos por meio de medições ou por cálculos que consideram, além da contribuição externa, as reflexões internas e fatores redutores da quantidade de luz (VIANNA; GONÇALVES, 2001), que são:

- a) Fator de caixilho: a retirada da área de superfície opaca da esquadria da janela da área total da abertura
- b) Fator de manutenção: considera a obstrução à luz causada pelo envelhecimento do material de vedação e pelo acúmulo de poeira.
- c) Fator de transparência: coeficiente de transmissão luminosa dos materiais translúcidos e transparentes.

³² Para efeito de padronização de nomenclatura, neste trabalho será adotado o termo FLD – Fator de Luz Diurna

De acordo com a ABNT NBR 15215-2 - Parte 3, (2005), a aplicação do DF ou FLD deve considerar ainda:

- a) As características do projeto
- b) Os componentes de reflexão externa
- c) As construções vizinhas
- d) O relevo do entorno
- e) Se existe bloqueio total ou parcial da visão da abóbada celeste
- f) Os componentes de reflexão interna
- g) Os materiais de parede, piso e teto com suas respectivas propriedades
- h) O coeficiente de transmissão do material transparente.

A contribuição devido à luz direta do sol não é levada em consideração no cálculo do DF devido aos seus atributos direcionais e outros efeitos, tais como, ganho de calor, degradação dos materiais e ofuscamento, devendo ser considerada separadamente.

Na sua formulação original, o DF é assumido como uma constante para todos os pontos de um ambiente, independente da iluminância horizontal externa produzida por céus com uma distribuição de luminâncias uniformemente constante com relação ao azimute (céus uniformes e encobertos). Assim, o DF pode ser utilizado como critério para comparar o desempenho de diferentes sistemas de iluminação natural e ser facilmente convertido em iluminâncias internas multiplicando-o por uma iluminância externa apropriada (ANT NBR 15215-2 - Parte 3, 2005).

Segundo Vianna e Gonçalves (2001), os valores de DF ou FLD possibilitam uma avaliação das características da distribuição da luz em todo o espaço arquitetônico interior quando ainda na fase de projeto. Os pontos que apresentam o mesmo nível de iluminância ou os mesmos valores de DF ou FLD formam as curvas conhecidas como isolux (Figura 26). Sabendo-se o período em que o céu apresenta os menores níveis de iluminância durante o ano pode-se determinar o DF ou FLD mínimo necessário para um ponto específico, considerando a tarefa visual a ser desempenhada naquele espaço.

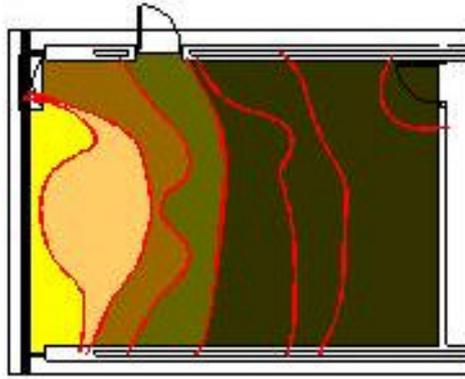


Figura 26 - Modelo de curvas isolux em um ambiente. (AMORIM, 2006)

5 METODOLOGIA

O presente capítulo faz uma descrição dos procedimentos do estudo utilizados no presente trabalho. Inicialmente a pesquisa foi estruturada com base na revisão bibliográfica abrangendo os três aspectos principais que são tratados ao longo do trabalho: as edificações aeroportuárias, a avaliação de desempenho ambiental e a iluminação natural. A partir da revisão foram definidos alguns procedimentos metodológicos para verificação da influência da iluminação natural no desempenho ambiental de edificações aeroportuárias, os quais serão descritos a seguir. Tais procedimentos consistiram em três etapas principais: a primeira utiliza a Matriz de Relacionamentos apresentada no capítulo 2, identificando os níveis de relacionamento existentes entre os Elementos da Edificação e os Indicadores Ambientais, considerando-se a iluminação natural - e eventualmente a artificial. A segunda realiza uma APO investigativa em dois estudos de caso, os Terminais de Passageiros de dois aeroportos: o Aeroporto Internacional de Brasília – Presidente Juscelino Kubitschek (AIB), localizado em Brasília/DF, e o Aeroporto Santa Genoveva (ASG), localizado em Goiânia/GO, com o objetivo de verificar como se dá a utilização da iluminação natural nestes dois terminais e sua relação com a percepção de conforto luminoso pelos usuários e com a eficiência energética. Na terceira etapa é feita a discussão dos resultados obtidos nas etapas anteriores.

a) PARA A APLICAÇÃO DA MATRIZ DE RELACIONAMENTOS

a.1 Revisão bibliográfica

O capítulo 3 faz uma revisão bibliográfica sobre a importância da iluminação natural no desempenho de edificações aeroportuárias, relacionando-a com os Elementos da Edificação e os Indicadores Ambientais que compõem a Matriz de Relacionamentos, com o objetivo de subsidiar a atribuição dos níveis de relacionamento entre Elementos e Indicadores.

a.2 Tabelas auxiliares

O cruzamento entre as linhas e as colunas da Matriz leva à identificação dos níveis de relacionamento dos seus componentes, com base nas informações obtidas na etapa anterior. Foram então desenvolvidas tabelas auxiliares para facilitar a atribuição do nível de relacionamento entre cada Elemento da Edificação e os Indicadores Ambientais e a transferência dos dados para a Matriz (Figura 26). Nestas tabelas os elementos destacados

na cor verde indicam níveis de relacionamento primário e secundário. Em branco, os relacionamentos terciário e quaternário. Não são registrados na tabela os elementos e indicadores que apresentam nível de relacionamento nulo.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
morfologia					
FORMA DA EDIFICAÇÃO	1	emissão de gases de efeito estufa emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	2	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	6	ventos locais	2	local	clima
	27	sombreamento de outros prédios ou relevo	2	local	ocupação do solo
	28	impactos no terreno e propriedades adjacentes	3	local	ocupação do solo
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	2	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	1	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	2	espaço interior	conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	1	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	47	consumo de recursos naturais	1	espaço interior	energia
	49	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	2	espaço interior	recursos naturais
50	compatibilidade de sistemas	2	espaço interior	edifício	
52	plano de manutenção, operação e controle	2	espaço interior	edifício	
53	plano de manutenção, operação e controle	2	espaço interior	edifício	

Figura 27 - Modelo da tabela auxiliar desenvolvida para atribuição do nível de relacionamento entre os componentes da Matriz.

a.3 Preenchimento da Matriz de Relacionamentos

Os dados obtidos nas tabelas auxiliares são transferidos para a Matriz de Relacionamentos. A apresentação gráfica da Matriz se dá com as células preenchidas com uma graduação de cores entre o amarelo claro e o vermelho, representando os níveis de

relacionamento de primário a quaternário. As células que representam os níveis de relacionamento não são preenchidas.

a.4 Análise dos dados

Com o preenchimento da Matriz passa-se para a etapa de análise dos dados obtidos. São verificados os Elementos da Edificação e os Indicadores Ambientais que apresentam maior quantidade de níveis de relacionamento primários e secundários entre si, os quais podem ser relevantes para um melhor desempenho ambiental de edificações aeroportuárias e possam ser utilizados como parâmetros para as análises dos estudos de caso.

Uma vez identificados, os Elementos da Edificação que apresentaram relacionamento primário com a maior quantidade de Indicadores Ambientais foram adotados como parâmetros para análise do projeto arquitetônico nos estudos de caso apresentados no item 6.2. Os Indicadores Ambientais, ainda que façam parte da Matriz estudada e sejam importante instrumento na avaliação do desempenho ambiental das edificações, não serão aplicados nos estudos de caso do presente trabalho.

b) PARA ANÁLISE DOS TERMINAIS AEROPORTUÁRIOS DE BRASÍLIA/DF E GOIÂNIA/GO

Nesta etapa é feita a análise da influência da iluminação natural nas edificações aeroportuárias selecionadas como estudos de caso, utilizando-se a metodologia da Avaliação Pós-Ocupação (APO) e a relação do usuário com o ambiente construído.

Segundo Ornstein (1992), a qualidade do ambiente construído pode ser avaliada por meio de métodos que permitem gerir as diversas variáveis que interagem nos espaços, tais como fatores biológicos, sonoros, lumínicos, atmosféricos, térmicos e comportamentais. Uma APO permite conhecer as variáveis prioritárias em cada estudo de caso e definir os critérios para gerenciamento do controle da qualidade do ambiente construído. De acordo com Wener (1988, apud Ornstein, 1992), com a APO é possível diagnosticar problemas em ambientes construídos, não obrigatoriamente físicos, e cujas recomendações também podem, por conseguinte, não ser obrigatoriamente físicas.

As técnicas de APO para medir a opinião dos usuários podem atuar como metodologia complementar na análise do desempenho das edificações, podendo ser utilizados os pontos de vista, observações e medidas realizadas pelos pesquisadores, bem como os resultados das entrevistas, aplicações de questionários “e outros métodos mais

voltados para variáveis psico-comportamentais, objeto de avaliação via respostas, sensações, percepções e/ou julgamento de valores dos usuários” (ORNSTEIN, 1992).

Para os estudos de caso realizados neste trabalho foi realizada uma APO investigativa ou de médio prazo (PREISER, 1989, apud ORNSTEIN, 1992), aquela que por meio de rápidas visitas exploratórias do ambiente em questão, entrevistas selecionadas com usuários-chave, juntamente com a avaliação de critérios referenciais de desempenho, proporciona a indicação dos principais aspectos positivos e negativos do objeto de estudo. Dentre os critérios de avaliação do conforto ambiental do espaço construído estão o conforto térmico, a iluminação natural, a iluminação artificial e a conservação de energia. Na APO de ambientes construídos pode-se dividir as etapas em: coleta ou levantamento de dados, diagnóstico, recomendações para o ambiente – estudo de caso – e insumos para novos projetos, etapas estas utilizadas no presente trabalho, considerando-se ainda os critérios e parâmetros para utilização da iluminação natural apontados no capítulo 3, as quais serão descritas a seguir:

b1. Dados Preliminares

b1a. SELEÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

A escolha dos aeroportos para estudo de caso se deu em função da proximidade geográfica e climática entre as duas cidades – Brasília e Goiânia, no fato de ambos os terminais terem passado por ampliações nos últimos anos, e das distintas características de utilização da luz natural em cada um dos projetos.

b1b. DADOS GERAIS E HISTÓRICO

Esta etapa consiste na pesquisa bibliográfica de dados históricos e gerais sobre os terminais aeroportuários, bem como entrevistas com pessoas da administração dos aeroportos nas duas cidades, a fim de subsidiar estas informações gerais. Foram entrevistadas pessoas-chave no processo, como o arquiteto que projetou o terminal de passageiros do aeroporto de Brasília, a superintendente do aeroporto de Goiânia e o engenheiro da Infraero que atua no programa ambiental da empresa.

b1c. CLIMA LOCAL

A fim de complementar o embasamento das análises, a apresentação de cada um dos terminais aeroportuários é precedida por dados do clima de cada uma das cidades.

b2. Análise do projeto arquitetônico

b2a. LEVANTAMENTOS, VISITAS EXPLORATÓRIAS, OBSERVAÇÕES *IN LOCO* e REGISTRO FOTOGRÁFICO

Estes procedimentos representam as tarefas iniciais para início das análises dos estudos de caso, tais como: a familiarização com os locais de trabalho, contatos iniciais com pessoas que poderiam passar informações importantes para a pesquisa e o levantamento e adequação da documentação de projeto arquitetônico disponível, que no caso foi gentilmente disponibilizada pela Infraero em Brasília e Goiânia, sendo que as últimas modificações do aeroporto de Brasília foram cedidas diretamente pelo arquiteto Sérgio Parada.

b2b. CARACTERÍSTICAS ARQUITETÔNICAS

A análise do projeto foi realizada a partir dos dados coletados na etapa B2a e abrange:

- as características arquitetônicas do projeto com relação à iluminação natural
- as estratégias de utilização da iluminação natural em cada um dos estudos de caso
- os parâmetros indicados na revisão bibliográfica no capítulo 3
- os Elementos da Edificação identificados na análise da Matriz de Relacionamentos: local de implantação; insolação; forma da edificação; fachadas; transparências; proteções; iluminação natural e artificial; ambiência lumínica e higrotérmica.

b2c. SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS

As simulações computacionais para avaliação do nível de iluminação natural dos estudos de caso foram realizadas com o objetivo de complementar a abrangência da análise dos estudos de caso e permitir uma percepção geral e preliminar da distribuição da iluminação natural nos Terminais de Passageiros estudados, uma vez que as dimensões dos terminais aeroportuários não viabilizariam todas as medições e análises dos dados dentro do tempo disponível para a pesquisa. Como as medições *in loco* foram realizadas apenas em uma parte de cada pavimento, as simulações oferecem um panorama mais amplo do comportamento da luz natural nos pavimentos dos terminais aeroportuários de maneira suficiente para etapas de estudo preliminar de projeto ou avaliações de APO.

Neste trabalho as simulações computacionais foram realizadas no software *Daylight*³³. Embora este seja um *software* com recursos limitados, possibilitou desenvolver um modelo simplificado do ambiente que atendesse às necessidades da pesquisa. Dentro das limitações do programa, são consideradas as estratégias utilizadas no projeto de arquitetura. Assim, as dimensões foram determinadas pela média das existentes e foi possível simular as janelas simultaneamente, as obstruções internas e os beirais, colaborando para que os resultados se aproximassem mais daqueles com relação à distribuição da iluminação natural. Os dados de entrada para o software foram adotados a partir das medidas do projeto e das características dos materiais utilizados.

No Terminal de Passageiros do Aeroporto Internacional de Brasília não foi possível, porém, simular o clerestório existente, pois o *software* considera a iluminação zenital somente a partir de elementos horizontais. O programa permite ainda gerar gráficos da distribuição luminosa em corte, onde é possível visualizar o comportamento da radiação difusa a partir da janela e em todo o ambiente. Devido às grandes dimensões do terminal do AIB, foram selecionados dois pavimentos para estudo: o terraço panorâmico e o piso de embarque, em função da maneira em que a luz natural é utilizada nestes pavimentos. O terraço panorâmico utiliza a luz natural em todas as fachadas, incluindo a iluminação zenital; e no piso de embarque são utilizados recursos complementares de captação da luz natural, como os elementos de condução já descritos no item anterior, associados da luz natural com a luz artificial durante todo o dia, no piso de embarque.

b2d. MEDIÇÕES DO NÍVEL DE ILUMINÂNCIA *IN LOCO*

As medições *in loco* visam obter dados mais precisos sobre a distribuição da luz natural nos ambientes do que as simulações, porém foram realizadas apenas em alguns locais dos terminais.

O método adotado consiste na medição da iluminância externa e interna simultânea em três momentos de um mesmo dia, às 09, 12 e 15 horas, utilizando luxímetros digitais e acompanhando o comportamento da luz nos ambientes e com levantamento fotográfico acompanhando as medições. Os procedimentos para as medições seguem a metodologia apontada ABNT NBR 15215- parte 3, item 6.1.3, descrita a seguir:

Medições em ambientes reais:

³³ programa desenvolvido pelo *Department of the Built Environment, Anglia Plytechnic*, Inglaterra, em 1991 (VIANNA; GONÇALVES, 2001).

Para uma avaliação mais precisa dos níveis de iluminação, os procedimentos seguintes para as medidas devem ser observados:

- Considerar a quantidade de luz no ponto e no plano onde a tarefa for executada, seja horizontal, vertical ou em qualquer outro ângulo;
- Manter o sensor paralelo à superfície a ser avaliada ou deixá-lo sobre a superfície cujos níveis de iluminação estão sendo medidos;



Figura 28 - Equipamento de medição – luxímetro digital utilizado nas medições in loco

- Atentar para o nivelamento da fotocélula quando ela não for mantida sobre a superfície de trabalho e sim na mão da pessoa que faz as medições, pois pequenas diferenças na posição podem acarretar grandes diferenças na medição;
- Evitar sombras sobre a fotocélula, acarretada pela posição de pessoas em relação a ela, a não ser que seja necessário para a caracterização de um posto de trabalho;
- Verificar, sempre que possível, o nível de iluminação em uma superfície de trabalho, com e sem as pessoas que utilizam estes ambientes em suas posições, desta forma, é possível verificar eventuais falhas de layout;
- Expor a fotocélula à luz aproximadamente cinco minutos antes da primeira leitura, evitando-se sua exposição a fontes luminosas muito intensas, como por exemplo, raios solares;
- Realizar as medições num plano horizontal a 75 cm do piso quando a altura da superfície de trabalho não é especificada ou conhecida.

Em virtude da variação freqüente das condições de céu ao longo do dia e do ano, para valores mais precisos de níveis de iluminação, deve-se verificá-lo em diferentes horas do dia (horário legal) e também em diferentes épocas do ano. Para levantamentos nos quais não seja possível um monitoramento da iluminação natural ao longo do ano recomenda-se verificar a iluminância nas condições de céu mais representativas do local nos seguintes períodos:

- Em um dia próximo ao solstício de verão (22 de dezembro);
- Em um dia próximo ao solstício de inverno (22 de junho);
- De duas horas em duas horas a partir do início do expediente (horário legal).

Iluminância em planos de trabalho:

Para avaliação da iluminância em postos de trabalho deve-se fazer medições em uma quantidade de pontos suficiente para caracterizar adequadamente tal plano.

Quantidade de pontos:

Salienta-se que este índice caracteriza um número mínimo de pontos a serem medidos e que este deve ser aumentado para que se consiga simetria nas medições e sempre que se desejar uma melhor caracterização da iluminância do ambiente³⁴

Definição dos locais de análise:

No Terminal de Passageiros do AIB, as medições e entrevistas foram concentradas nas seguintes áreas:

- Praça de Alimentação do terraço panorâmico do segundo piso, na região entre as salas de cinema e as lanchonetes. Esta área foi selecionada devido às características arquitetônicas que combinam grande quantidade de materiais transparentes com diferentes estratégias de uso da iluminação natural, tais como captação de luz zenital, brises transparentes, esquadrias, forma e materiais utilizados.

³⁴ Caso não haja disponibilidade de sensores em número suficiente recomenda-se a normalização dos dados

- Piso de Embarque, na região correspondente à projeção da área analisada na Praça de Alimentação, abrangendo a rampa de transição entre o piso do check-in e os espaços comerciais próximos ao portão de embarque.
- Piso de Desembarque, no saguão principal do pavimento térreo, abrangendo a área de alimentação, as áreas comerciais e a área de convivência próxima ao acesso coberto de veículos.

Todas as medições de iluminâncias externas nos dois aeroportos, simultâneas às medições internas, foram realizadas no pátio de estacionamento.

B3. A percepção dos usuários

A percepção da iluminação natural pelos usuários foi verificada pela análise de questionários aplicados nos dois estudos de caso (ver modelo do questionário no Apêndice B). Foram entrevistados usuários dos dois terminais nos mesmos locais onde foram feitas as medições, a fim de identificar como se dá a percepção do grau de conforto e do nível de iluminação nestes ambientes, além de complementar a etapa de medição dos níveis de iluminação descrita no item b3d. O modelo do questionário aplicado, adaptado de BRENDOLAN et al (2005); JOHNSEN et al (IEA, 2000); MACIEL (2002) e SIMÃO (2004) é apresentado no Apêndice B e complementado pelos Apêndices C e D, que trazem, respectivamente, uma avaliação das perguntas e a tabulação completa dos dados obtidos após a aplicação nos dois estudos de caso.

Os questionários foram aplicados a trinta pessoas no aeroporto de Brasília e vinte no de Goiânia. Deve-se ressaltar que tratou-se mais de uma entrevista do que questionário, pois os questionários realmente exigiriam um pré-teste, validação, e maior cuidado quanto à amostragem. Ao todo foram entrevistados dois grupos de usuários: pessoas que trabalham no local (14 no AIB; 13 no ASG), passageiros em embarque/desembarque, acompanhantes e outros usuários do *Aeroshopping* (16 no AIB; 7 no ASG). Estes instrumentos foram utilizados como somente como ferramentas iniciais de análise, devendo ser necessário seu aperfeiçoamento para, em trabalhos futuros, obter-se validade estatística, inclusive com relação à elaboração das perguntas.

A maioria dos usuários mostrou-se receptiva em colaborar com os questionários, porém preferiram que o aplicador preenchesse as respostas, apenas dois usuários optaram por responder eles próprios. Em ambos os casos foi possível perceber que algumas

questões geraram dúvidas de compreensão pela utilização de alguns termos específicos sobre o tema abordado. Assim, a presença do aplicador dos questionários teve aspecto importante no esclarecimento das questões, tanto no que diz respeito a termos técnicos utilizados quanto a problemas de formulação das perguntas, à compreensão da pergunta em si. Portanto é necessária uma postura cuidadosa do aplicador de forma a se manter imparcial e evitar direcionamento nas respostas.

Houve uma preocupação ao selecionar as pessoas entrevistadas de modo a obter a opinião de usuários com perfis diferentes, compreendendo quem usa o espaço cotidianamente (funcionários) e esporadicamente (passageiros em trânsito), pessoas de idades e perfil sócio-econômico aparente variados, de modo a registrar um panorama da diversidade normalmente encontrada neste tipo de espaço. Além disso, procurou-se aplicar os questionários nos mesmos locais onde foram feitas as medições do nível de iluminância e em ambientes correspondentes nos dois aeroportos - nas praças de alimentação, terraço panorâmico e áreas comuns - a fim de possibilitar uma comparação coerente entre o nível de iluminação encontrado e o conforto visual percebido pelos usuários, bem como permitir a identificação dos aspectos positivos e negativos quanto ao uso da iluminação em cada um dos espaços avaliados.

b4. Avaliação do consumo de energia elétrica

Esta avaliação compreendeu as seguintes etapas:

b4a. LEVANTAMENTO DO CONSUMO ENERGÉTICO E DADOS PARA ANÁLISE

Levantamento do consumo de energia elétrica nas contas de luz dos dois aeroportos estudados, no período compreendido entre 2001 a 2005, cujo início é marcado pelo racionamento de energia determinado pelo governo federal e pelo crescimento da demanda de tráfego aéreo no país.

Levantamento dos dados para cálculo:

- Área do terminal de passageiros
- Área climatizada
- Proporção do consumo com iluminação e climatização

A partir dos dados acima obtém-se o consumo em KWh/ m² mensal e o somatório anual, que possibilita a comparação com os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2, no capítulo 4.

Obs.: estas informações foram obtidas junto aos setores de administração e manutenção dos aeroportos estudados, com apoio da Infraero.

b.4.b ANÁLISE DO CONSUMO ENERGÉTICO

Realizado pela análise das contas de energia segundo a metodologia seguida por Amorim (2000), que consiste na identificação da relação do consumo de energia da área construída destinada à iluminação e climatização. Os resultados obtidos são comparados ao desempenho de outros tipos de edificação de grande porte e servem de base para a análise da utilização da iluminação natural nos edifícios analisados e para a verificação da eficiência energética nestas edificações.

c) DISCUSSÕES

Após o levantamento das informações obtidas com os itens A e B – a Matriz de Relacionamentos e a APO investigativa, são feitas as discussões sobre os elementos estudados:

- c1. a análise global do desempenho ambiental dos estudos de caso com relação à luz natural;
- c2. a comparação entre os resultados obtidos nos dois estudos de caso
- c3. a comparação dos resultados obtidos com os parâmetros de utilização da luz natural apresentados no capítulo 3
- c4. indicação dos principais aspectos positivos e negativos do objeto de estudo

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta a aplicação dos conceitos teóricos apresentados na revisão bibliográfica, o que resultou na atribuição dos níveis de relacionamento e posterior preenchimento da Matriz de Relacionamentos, e posteriormente, na análise dos estudos de caso realizados nos terminais aeroportuários dos aeroportos de Brasília e Goiânia, objetivando verificar como a luz natural pode influenciar no desempenho ambiental destas edificações.

6.1 A ILUMINAÇÃO NATURAL NA MATRIZ DE RELACIONAMENTOS

O primeiro dos resultados do presente trabalho é a atribuição dos níveis de relacionamento entre os componentes da Matriz adotada. Para cada Elemento da Edificação que compõe a Matriz foi atribuído um dos níveis de relacionamento com seus Indicadores Ambientais: primário, secundário, terciário, quaternário ou nulo, conforme definido no capítulo 2. Este procedimento resultou na criação de 29 tabelas auxiliares (ver Apêndice A), tanto para facilitar o preenchimento da Matriz, quanto para identificar separadamente cada um de seus componentes (Elementos e Indicadores).

A análise da Matriz permitiu identificar os Elementos da Edificação e os Indicadores Ambientais que, de alguma maneira, influenciados pela iluminação natural, refletem no desempenho ambiental das edificações aeroportuárias, considerando suas peculiaridades.

De um total de 2666 itens que fazem parte da Matriz de Relacionamentos, 428 apresentam algum nível de relacionamento entre os elementos, representando um percentual de 16,05% da Matriz e que estão distribuídos da seguinte maneira:

Relacionamento Primário: 126 itens (29,43%)

Relacionamento Secundário: 167 itens (39,03%)

Relacionamento Terciário: 124 itens (28,97%)

Relacionamento Quaternário: 11 itens (2,57%)

A figura a seguir apresenta a Matriz de Relacionamentos preenchida com os níveis de relacionamento atribuídos entre os seus componentes conforme metodologia descrita.

**INSERIR MATRIZ PREENCHIDA EM FOLHA A3
DOBRADA**

Figura 29 - Matriz de Relacionamentos preenchida indicando os níveis de relacionamento entre os Elementos da Edificação e Indicadores Ambientais, considerando a influência da luz natural no desempenho ambiental de edificações aeroportuárias.

O percentual de relacionamentos nulos não foi considerado, pois o trabalho irá se deter nos níveis de relacionamento primário e secundário como definidores dos elementos responsáveis pelos maiores impactos ambientais - Elementos da Edificação e Indicadores Ambientais.

Pode-se observar na Matriz preenchida que 67,44% dos 43 Elementos da Edificação se relacionam em maior ou menor grau com os Indicadores Ambientais. Observa-se também que os Indicadores Ambientais da Matriz influenciados pelos Elementos da Edificação representam 41,93% do total de indicadores. Os níveis de relacionamento mais relevantes, os primários e secundários, quando somados representam 68,46% do total.

A Figura 30 apresenta a Matriz de Relacionamentos preenchida, salientando os Elementos da Edificação que apresentaram maior quantidade de relacionamentos primários e secundários com os Indicadores Ambientais. De forma análoga, a Figura 31 apresenta a Matriz de Relacionamentos preenchida, salientando os Indicadores Ambientais que apresentaram maior quantidade de relacionamentos primários e secundários com os Elementos da Edificação, indicando maior impacto ambiental. A partir da análise destes dados foram identificados os componentes considerados como os mais relevantes para o presente trabalho, num total de dez Elementos da Edificação e seis Indicadores ambientais apresentados nos Quadros 2 e 3.

Figura 30 - Matriz de Relacionamentos preenchida. Em destaque, os Elementos da Edificação que apresentaram relacionamento primário com maior quantidade de Indicadores Ambientais, tendo em vista a influência da luz natural.

Figura 31 - Matriz de Relacionamentos preenchida. Em destaque, os Indicadores Ambientais que apresentaram relacionamento primário com maior número de Elementos da Edificação simultaneamente.

**INSERIR MATRIZ PREENCHIDA EM FOLHA A4
FORMATO PAISAGEM:
EVIDENCIA ELEMENTOS DA EDIFICAÇÃO**

**INSERIR MATRIZ PREENCHIDA EM FOLHA A4
FORMATO PAISAGEM:
EVIDENCIANDO INDICADORES AMBIENTAIS**

	ELEMENTOS DA EDIFICAÇÃO	CATEGORIA	NÍVEIS DE RELACIONAMENTO
1	Transparências	Materialidade	11 primários; 7 secundários
2	Iluminação natural e artificial	Instalações prediais	11 primários; 6 secundários
3	Ar condicionado, ventilação e exaustão mecânica	Instalações prediais	11 primários; 4 secundários
4	Ambiência lumínica	Espacialidade	10 primários; 3 secundários
5	Insolação	Implantação	9 primários; 8 secundários
6	Ambiência higrotérmica	Espacialidade	8 primários; 8 secundários
7	Proteções	Materialidade	8 primários; 7 secundários
8	Forma da Edificação	Morfologia	7 primários; 10 secundários
9	Fachadas	Morfologia	7 primários; 8 secundários
10	Local de Implantação – topografia	Implantação	6 primários; 11 secundários

Quadro 2 Resultados do preenchimento da Matriz de Relacionamentos indicando os Elementos da Edificação mais relevantes, considerando a iluminação natural em edificações aeroportuárias.

	INDICADOR AMBIENTAL	No ELEMENTOS QUE INFLUENCIARAM	RELACIONAMENTOS PRIMÁRIOS	DOMÍNIO	DIMENSÃO
1	Qualidade do ar, ventilação e umidade	27	14	saúde	Espaço Interior
2	Iluminação natural, artificial e acuidade visual	27	14	saúde	Espaço Interior
3	Conforto higrotérmico e superaquecimento	25	14	conforto	Espaço Interior
4	Consumo anual líquido de energia elétrica por operações do edifício	26	13	energia	Espaço Interior
5	Consumo energético (de fontes renováveis, exceto energia elétrica)	23	13	energia	Espaço Interior
6	Conforto visual e lumínico	26	10	conforto	Espaço Interior

Quadro 3 Resultados do preenchimento da Matriz de Relacionamentos com os Indicadores Ambientais mais relevantes, considerando a iluminação natural em edificações aeroportuárias.

Deve-se observar que dentre os indicadores selecionados, todos fazem parte da dimensão do Espaço Interior e pertencem aos domínios de saúde, conforto e energia. Ou

seja, os dados levantados reforçam a necessidade de atentar para o uso da iluminação como fator de adequação do ambiente para o bem-estar dos usuários e para questões econômicas e ambientais.

6.2 A ILUMINAÇÃO NATURAL NOS AEROPORTOS DE BRASÍLIA/DF E GOIÂNIA/GO

Os estudos de caso fazem parte da segunda etapa dos procedimentos de estudo e apresentam como a iluminação natural é utilizada e percebida pelos usuários dos aeroportos dos estudos de caso, com base na metodologia proposta e descrita no capítulo 4. Primeiramente serão apresentados os resultados obtidos no Aeroporto Internacional de Brasília (AIB) e, seguindo o mesmo critério de apresentação, os resultados obtidos no Aeroporto Santa Genoveva (ASG), de Goiânia/GO.

6.2.1 Aeroporto Internacional Presidente Juscelino Kubitschek – Brasília/DF

6.2.1.1 informações preliminares

a) AIB – histórico e dados gerais

Segundo a Infraero, o Aeroporto Internacional de Brasília - Presidente Juscelino Kubitschek -(AIB) é o terceiro em movimentação de passageiros e aeronaves do Brasil. Por sua localização estratégica, é considerado “*hub*” da aviação civil, ou seja, ponto de conexão para destinos em todo o país, com intensa movimentação de pousos e decolagens. Em 2006 passaram pelo aeroporto 9 milhões 699 mil e 911 passageiros. No primeiro trimestre de 2007 foram dois milhões e 498 mil passageiros, 5% a mais do que no mesmo período do ano passado (INFRAERO, 2007).

Os dados apresentados na Tabela 5 oferecem um panorama geral sobre os dados do complexo aeroportuário do AIB, com informações sobre as áreas, o movimento operacional do aeroporto e quadros resumo de áreas dos pavimentos do TPS.

Tabela 5 - AIB - Dados gerais do complexo aeroportuário

SÍTIO AEROPORTUÁRIO
Área: 28.930.835 m ²
PÁTIO DAS AERONAVES
Área: 57.113 m ²
PISTA
3.200 x 45 m
TERMINAL DE PASSAGEIROS (TPS)
Capacidade: 7.400.000 passageiros/ano
Área: 78.000 m ²
ESTACIONAMENTO DAS AERONAVES
Número de posições: 32
ESTACIONAMENTO DE VEÍCULOS
Capacidade: 1.204 vagas
Fonte: INFRAERO, 2005

O primeiro aeroporto de Brasília foi criado nos anos 50 para atender à demanda de construção da nova capital. Neste ano de 2007 o aeroporto completa oficialmente cinquenta anos. Localizava-se onde está situada, atualmente, a Estação Rodoferroviária de Brasília. Possuía uma pista de terra batida com 2,7 mil metros de comprimento e uma estação de passageiros improvisada em um barracão de pau-a-pique coberto com folhas de buriti. O terminal de passageiros foi construído em madeira e serviu à cidade até 1971. (INFRAERO, 2006).

Em 1990 o Aeroporto Internacional de Brasília começou a ganhar a forma atual, com um projeto que previa um corpo central e dois satélites para embarque e desembarque de passageiros. A primeira etapa foi inaugurada em 1992 e incluiu a construção do viaduto de acesso ao terminal de passageiros e a cobertura metálica, num total de 11.726m².

O primeiro satélite, edifício circular para áreas de embarque e desembarque, foi inaugurado em 1994, na segunda etapa, quando foram entregues também uma parte reformada no corpo central do terminal de passageiros e nove pontes de embarque. A partir de 2000 o conceito de *aeroshopping* foi adotado em toda a área da cobertura do edifício existente, bem como nas áreas de ampliação, totalizando 136 pontos comerciais (INFRAERO, 2005).

A conclusão da terceira etapa das obras ofereceu aos usuários uma nova área de embarque e desembarque internacional, um terraço panorâmico, um *finger* e uma praça de alimentação 24horas. A reforma alcançou uma área de 17.285m², com a instalação no pavimento térreo de uma galeria com fontes, jardinagem e espaço para exposições.

Em 2003, foi entregue a quarta etapa das obras de ampliação do terminal de passageiros, que passou a ter capacidade para 7,4 milhões de passageiros por ano. Faz parte da ampliação o terceiro piso do aeroporto, com 12 mil metros quadrados, que abriga terraço panorâmico, praça de alimentação, lojas, quatro salas de cinema, com capacidade para 500 pessoas, e espaço para exposições (INFRAERO, 2005).



Figura 32 - Maquete eletrônica para o projeto do terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de Brasília, contemplando os satélites norte, já existente, e o satélite sul, ao fundo, a ser executado futuramente (PARADA, 2006)

O projeto de ampliação contempla ainda a futura construção do Satélite Sul, que terá mais de 07 Pontes de Embarque, passando para 26, e irá totalizar uma área aproximada de 100.000,00 m². (PARADA, 2006).

De acordo com as classificações de Güller e Güller (2003); Cuadra (2001) e Blow (1998) apontadas no capítulo 1, o Terminal de Passageiros do AIB pode ser considerado:

- Quanto à tipologia: Terminal Múltiplo (associa um terminal linear e dois satélites)
- Quanto à propriedade: Infraero
- Quanto ao destino dos vôos: Aeroporto Internacional
- Quanto ao número de níveis para configuração de embarque e desembarque: Níveis Múltiplos com embarque e desembarque sobrepostos
- Quanto à movimentação de cargas e passageiros: *Hub*

O terminal de passageiros do Aeroporto Internacional de Brasília – AIB - é um edifício com área total de aproximadamente 79.634,00 m², distribuídos em cinco

pavimentos: um subsolo, que abriga atividades técnicas como subestação, central de ar condicionado, o pavimento térreo onde funciona o desembarque, o primeiro piso destinado ao embarque e dois pisos intermediários, sendo um o piso do *check-in* entre o térreo e o embarque, e o outro o mezanino, entre o desembarque e o terraço panorâmico, destinado a atividades administrativas. No último piso está o terraço panorâmico, com pé-direito variado em função da cobertura que forma um desenho sinuoso em dois níveis intercalados por venezianas em vidro laminado que captam luz e ventilação natural (INFRAERO,2005).

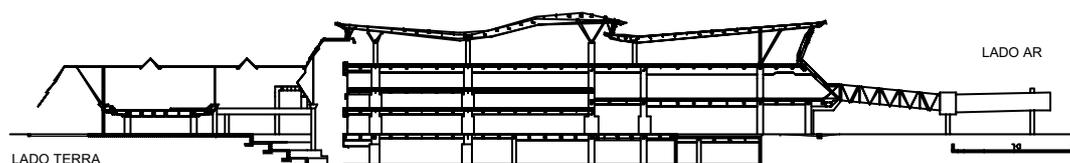


Figura 33 - AIB - Corte transversal mostrando os planos curvos da estrutura da cobertura do último piso, que cria elementos para passagem da luz natural. (Adaptado de PARADA, 2006)

De acordo com Parada (2006), a cobertura proposta para a readequação do terminal foi desenhada como grandes planos curvos com apoios leves, visando a leveza estrutural e a valorização da dinâmica espacial.

Diversos sistemas construtivos foram empregados no projeto de ampliação do terminal, tendo em vista as condicionantes existentes, tais como concreto protendido moldado *in loco* e pré-moldado, concreto armado e estruturas em aço (PARADA, 2006).

Segundo Parada (2006), o aproveitamento do potencial climático foi definido como premissa do projeto. O conceito básico de aproveitamento máximo da luz e ventilação natural foi utilizado na reformulação do projeto com o objetivo de minimizar o consumo de energia.

b) Dados do clima e disponibilidade de luz natural em Brasília/DF

CLIMA: tropical de altitude

LATITUDE³⁵: 15° 52' sul

³⁵ Fonte para os dados do item a: (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998)

LONGITUDE: 47° 55' oeste

ALTITUDE: 1060 m

VENTOS DOMINANTES:

Ventos moderados e mais constantes nas direções sudeste e leste no inverno seco e noroeste no verão chuvoso; média anual de velocidade um pouco superior a 2 m/s, caracterizável como brisa.

RADIAÇÃO SOLAR

Tabela 6 - Dados sobre a radiação solar incidente em Brasília

RADIAÇÃO SOLAR – BRASÍLIA				
Totais diários (W/m ²)				
NORTE	LESTE	OESTE	SUL	COBERTURA
21 dezembro				
585	3.376	2.760	3.376	8.648
22 março				
3.522	4.540	758	4.540	11.043
22 setembro				
3.608	4.533	757	4.533	11.018
21 junho				
9.358	4.350	791	4.350	7.822

Fonte: AMORIM (2005)

Segundo Amorim (2005), para Brasília não existem estatísticas horárias de dados de radiação solar medidos, os dados existentes são médias mensais calculadas, levando-se em conta o índice de nebulosidade (AMORIM, 2005).

TEMPERATURA:

Tabela 7 - Dados gerais de temperatura em Brasília/DF

Mês	Média aritmética mensal da temperatura (°C)	Média mensal das temperaturas máximas diárias (°C)	Média mensal das temperaturas mínimas diárias (°C)	Temperatura máxima observada no mês – média (°C)	Temperatura mínima observada no mês – média (°C)
Março	22,1	27,8	17,5	32,8	15,1
Junho	18,8	25,7	12,7	28,0	9,4
Setembro	23,0	30,2	16,3	32,8	12,5
Dezembro	22,0	27,7	17,7	31,0	13,6

Fonte: (FROTA; SCHIFFER, 1995)

UMIDADE DO AR:

Tabela 8 - Dados de umidade do ar para Brasília/DF

Mês	Média aritmética mensal da umidade relativa (%)
Março	73
Junho	70
Setembro	52
Dezembro	75

Fonte: (FROTA; SCHIFFER, 1995)

PRECIPITAÇÕES:

Tabela 9 - Dados sobre as precipitações para Brasília/DF

Mês	Total mensal da chuva caída – precipitação (mm)
Março	182
Junho	11
Setembro	41
Dezembro	187

Fonte: (FROTA; SCHIFFER, 1995)

Período mais chuvoso: de novembro a janeiro - com média mensal de 242,67mm; período mais seco: de junho a agosto - com média mensal de 11,13mm (AMORIM, 2005).

ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS:

A Figura 34 apresenta a Carta Bioclimática³⁶ para a cidade de Brasília, que aponta as estratégias mais adequadas para cada período do ano. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2004) percebe-se na Carta Bioclimática para Brasília uma grande concentração de pontos na zona de conforto térmico – um percentual da ordem de 43,6% - o que coloca Brasília em uma situação favorável de conforto com relação a outras cidades. A mesma Carta, porém, indica que nas horas desconfortáveis o frio é mais problemático (41,1%). Com bases nestes dados, a carta bioclimática indica as principais estratégias para a cidade:

³⁶ A Carta Bioclimática de Givoni, de 1992, associa informações sobre conforto térmico, comportamento climático e estratégias de projeto, visando conforto térmico com sistemas passivos (naturais, sem consumo de energia) ou sistemas ativos (artificiais, com consumo de energia). É uma metodologia adequada às condições climáticas brasileiras por ter seus limites máximos de conforto expandidos ao considerar a aclimação de pessoas que vivem em países em desenvolvimento e de clima quente. (MORAIS BALDOÍNO, 2006).

- a) massa térmica para aquecimento e aquecimento solar (33,9%)
- b) ventilação (12,6%)
- c) aquecimento solar (6,1%)

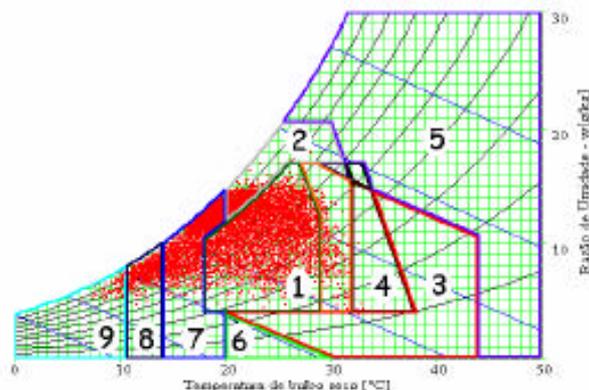


Figura 34 - Carta Bioclimática com TRY de Brasília: 1- Zona de Conforto; 2 - Ventilação; 3 - Resfriamento Evaporativo; 4 – Massa Térmica para Resfriamento; 5 - Ar Condicionado; 6 - Umidificação; 7 - Massa Térmica e Aquecimento Solar Passivo; 8 - Aquecimento Solar Passivo; 9 - Aquecimento Artificial (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998)

Deve-se priorizar o uso de massa térmica para aquecimento, associado ao ganho de calor solar. Nos períodos quentes a ventilação é a estratégia bioclimática mais indicada, resolvendo 15,1% das horas do ano (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

As diretrizes fornecidas pela Carta Bioclimática reforçam o uso de estratégias que, com o uso adequado da luz natural, podem contribuir para a melhoria do desempenho das edificações aeroportuárias e ainda atuar positivamente sobre os indicadores destacados na Matriz de Relacionamentos.

6.2.1.2 Análise da iluminação natural no AIB

a) No projeto arquitetônico

O bloco principal do Terminal de Passageiros possui forma retangular, com sua fachada principal orientada para oeste (lado terra) e o pátio principal de aeronaves orientada para leste (lado ar).



Figura 35 -Vista panorâmica do AIB, mostrando a implantação do Terminal de Passageiros. Em formato circular, o Satélite de embarque norte. (INFRAERO, 2006)

O Satélite Sul, destinado ao embarque de passageiros, tem formato circular em concreto (Figura 36). Neste caso, a forma arquitetônica, o tipo de inclinação e a disposição perimetral dos vidros favorecem a captação de luz natural. Porém, devido à forma, esta solução pode provocar ofuscamento e desconforto térmico nos usuários dos ambientes internos, dependendo da hora do dia e da época do ano, tendo em vista o clima local. O mesmo ocorre com os *fingers* (em vermelho), que possuem os fechamentos laterais e coberturas transparentes. Vale observar que o projeto original dos satélites previa um prolongamento da cobertura que funcionaria como uma marquise, o que poderia trazer resultados mais satisfatórios com relação ao controle de incidência da luz solar nos ambientes internos sugerido pela Carta bioclimática (ver Figura 34).



Figura 36 -Satélite Norte do AIB em formato circular (Foto da autora, 2006)

As figuras 37 a 41 apresentam a seguir as plantas dos pavimentos do Terminal de Passageiros do AIB, salientando os principais pontos de distribuição da luz natural para o interior da edificação.

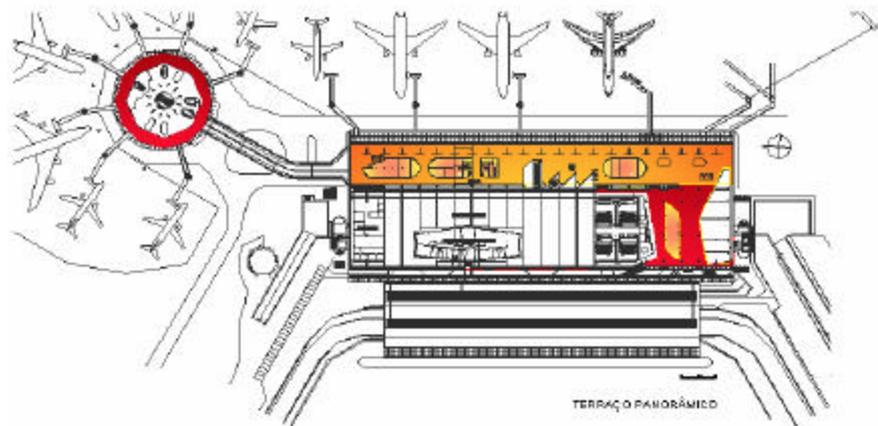


Figura 37 -Planta Terraço Panorâmico indicando os pontos de entrada de luz natural (Adaptado de ASG, 2007)

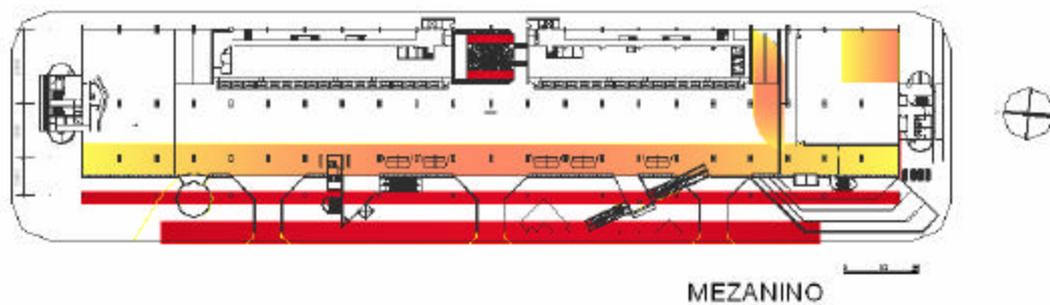


Figura 38 -Planta Mezanino indicando pontos de entrada de luz natural (Adaptado de ASG, 2007)

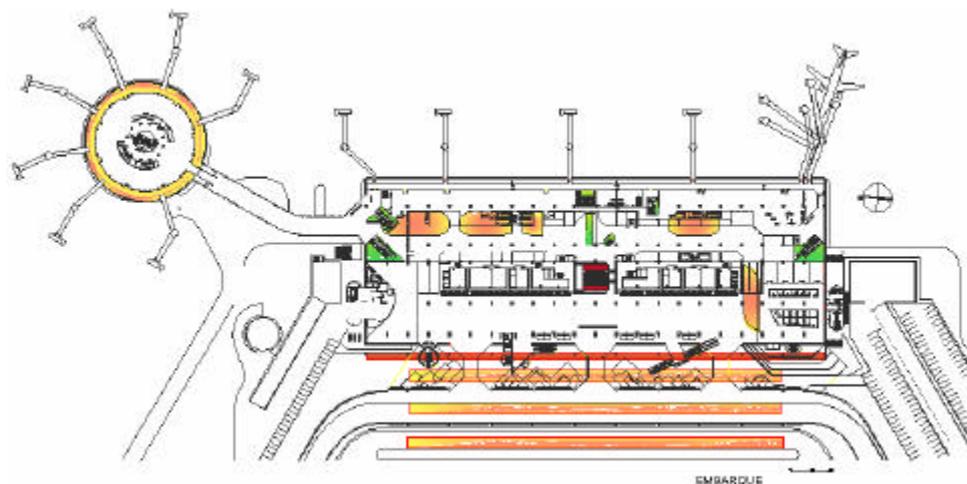


Figura 39 -Planta Embarque indicando pontos de entrada de luz natural (Adaptado de ASG, 2007)

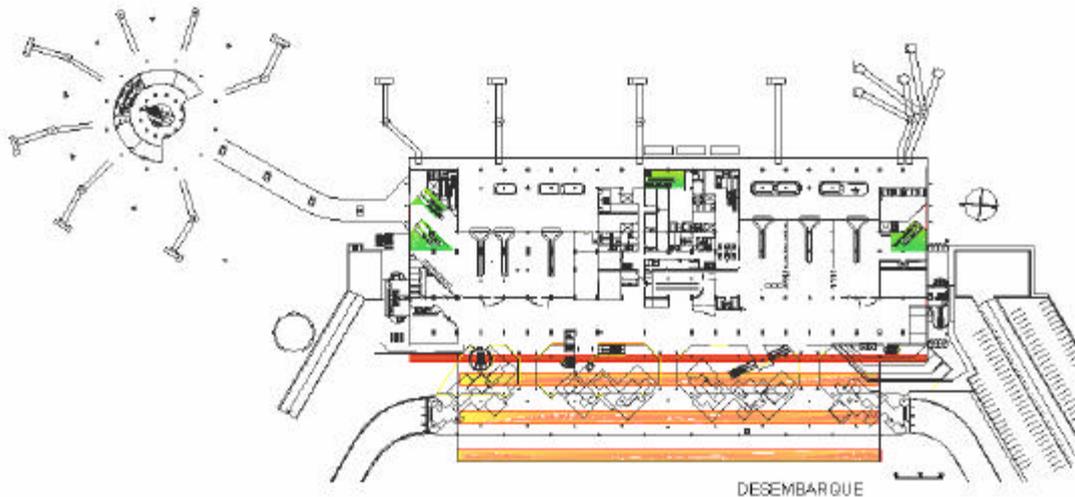
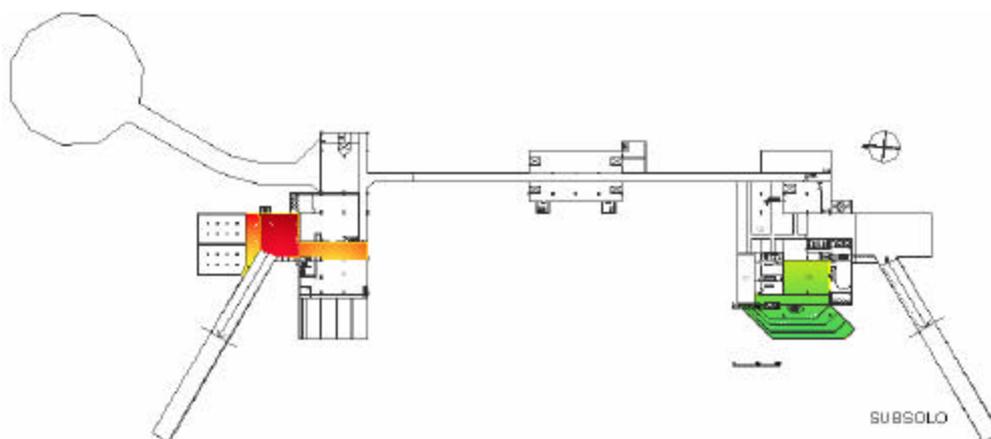


Figura 40 - Planta Desembarque (térreo) indicando pontos de entrada de luz natural (Adaptado de ASG, 2007)



LEGENDA

- ENTRADA DE ILUMINAÇÃO NATURAL DIRETA (LATERAL OU ZENITAL) - PRIMEIRO PLANO
- ENTRADA DE ILUMINAÇÃO NATURAL INDIRETA - SEGUNDO PLANO
- ENTRADA DE ILUMINAÇÃO NATURAL INDIRETA - TERCEIRO PLANO

Figura 41 - Planta subsolo indicando pontos de entrada de luz natural (Adaptado de ASG, 2007)

Todas as fachadas possuem aberturas laterais. A fachada leste é toda envidraçada e possui um pequeno beiral. Seu fechamento é predominantemente transparente, especialmente no Terraço Panorâmico, que possui fechamento tipo pele de vidro ao longo de toda a fachada, servindo de mirante e fonte de luz natural na praça de alimentação voltada para o pátio das aeronaves (Figuras 44 e 45).



Figura 42 -AIB – fachada leste. O elemento de concreto faz a ligação do bloco principal do terminal de passageiros (segundo plano) com o satélite de embarque norte. Observar as fachadas envidraçadas do terraço panorâmico no terminal e o avanço do beiral na fachada voltada para o lado ar. (Foto da autora, 2006)



Figura 43 -AIB – fachada leste. Vista interna do fechamento transparente do terraço panorâmico, que também serve de mirante (BRENDOLAN, 2005).

A fachada oeste – lado terra - é protegida pela longa extensão da cobertura que cobre toda a praça existente no pavimento térreo, com aberturas zenitais ao longo de seu maior eixo (Figuras 44 e 45). O seu fechamento frontal em material transparente na cor fumê permite a entrada de luz lateral, que favorece a iluminação de todos os pavimentos.



Figura 44 - (esquerda) Vista interna do piso de desembarque mostrando a cobertura com os elementos de iluminação zenital que levam a luz natural a todos os pavimentos, desde o terraço panorâmico até o subsolo. (direita) Vista do piso de embarque e partir do terraço panorâmico mostrando a grande cobertura que se prolonga sobre a praça no pavimento térreo, juntamente com os fechamentos transparentes de captação lateral da luz. (Fotos da autora, 2006)



Figura 45 - Elementos de transparência que favorecem a captação de luz natural para o interior do AIB. Em primeiro plano, elemento de captação de luz lateral no terraço panorâmico e, em segundo plano, os elementos de captação de luz zenital sobre o pavimento térreo (Foto da autora, 2006)

A Figura 48 mostra a fachada principal (Lado Terra) com os elementos transparentes. Vale observar que esta é uma fachada voltada para o oeste, na qual a incidência da luz provoca ofuscamento nos momentos do dia em que o sol está baixo.



Figura 46 - AIB – Fachada de acesso principal Lado Terra – (a) vista externa (b) vista interna - de onde se vê os elementos transparentes da fachada sobre estrutura espacial metálica, que favorecem a captação de iluminação e ventilação. (Foto da autora, 2006)

O deslocamento de planos adotado na implantação dos pavimentos em planta associada aos componentes de condução contribui para a distribuição da luz natural no interior da edificação. A Figura 49 mostra em corte esquemático algumas formas de captação e distribuição de luz no edifício do AIB.

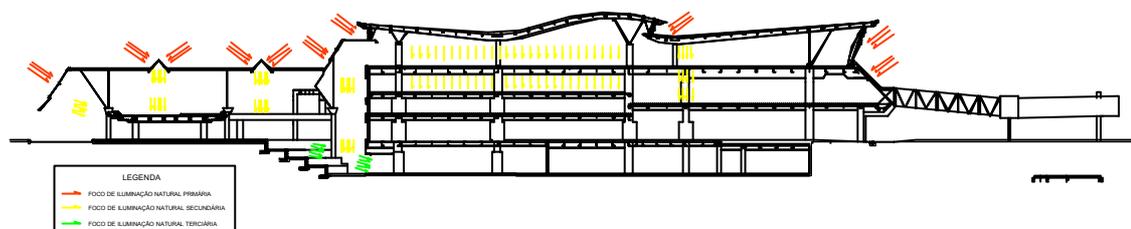
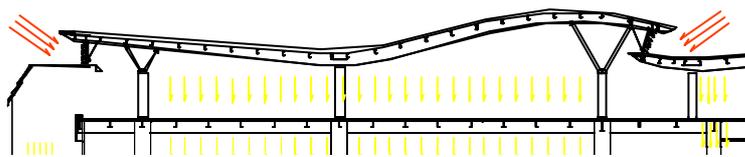
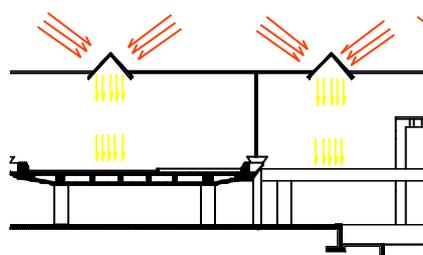


Figura 47 - AIB - Corte transversal mostrando os planos curvos da estrutura da cobertura do último piso, e os locais de captação e distribuição da luz natural de forma direta e indireta. (Adaptado de PARADA, 2006)

Além das grandes janelas e fechamentos verticais transparentes de captação de luz lateral, voltados para leste e oeste, o projeto tira partido de componentes de passagem zenital. Os planos da cobertura se deslocam no terraço panorâmico formando clerestórios com fechamento em vidro (Amorim, 2002). Sobre a praça do pavimento térreo são utilizados os tetos de dupla inclinação (VIANNA; GONÇALVES, 2001) como elementos zenitais.



(A) – CLERESTÓRIO



(B) TETO DE DUPLA INCLINAÇÃO

Figura 48 - AIB – exemplos de iluminação zenital encontrados no AIB: (A) clerestório e (B) teto de dupla inclinação. (Adaptado de PARADA, 2006).

O formato curvo da cobertura do terraço panorâmico, as grandes aberturas envidraçadas, os elementos de captação de luz zenital, juntamente com as cores claras e os materiais utilizados, favorecem a distribuição da iluminação natural no ambiente. O arquiteto Sérgio Parada, em entrevista realizada para este trabalho, explicou ainda que no partido arquitetônico da Praça de Alimentação houve a intenção de se criar uma grande praça coberta que favorecesse os encontros e a apreciação da paisagem externa de todos os lados e a movimentação das aeronaves no pátio (Figura 49).



Figura 49 - Terraço panorâmico mostrando a cobertura curva e a reflexão da iluminação no forro (BRENDOLAN, 2005)

A Figura 50 mostra o aproveitamento do sistema de contenção do terreno do AIB de onde se tira proveito da topografia e do local de implantação (Elementos da Edificação da Matriz de Relacionamentos), favorecendo a entrada de luz natural no subsolo e a ambiência lumínica e higrotérmica do ambiente.



Figura 50 - Os recortes para a contenção do terreno proporcionam abertura necessária para que a luz natural chegue ao subsolo. A iluminação zenital da cobertura do terraço panorâmico, juntamente com o tratamento paisagístico do local contribuem para favorecer a ambiência lumínica e higrotérmica do ambiente (Foto da autora, 2006)

Além das estratégias já citadas para captação da iluminação natural no AIB, são também utilizados componentes de condução nos espaços internos, que guiam e distribuem a luz natural e zonas específicas (Baker et al apud Amorim, 2000), como o uso de aberturas e tijolos de vidro na laje entre o terraço panorâmico e o piso de embarque (Figura 52); e elementos de controle, como o painel artístico criado por Athos Bulcão em chapa metálica perfurada, que ao mesmo tempo filtra a luz e aplica elementos de cor nos ambientes entre o Terraço Panorâmico e o piso de embarque (Figura 51). Estes mesmos elementos conferem transparência ao local (Figura 52).



Figura 51 - Aberturas na laje entre o terraço panorâmico (superior) e o piso de embarque (inferior) são exemplos dos elementos de condução da luz natural entre os pavimentos (Foto da autora, 2006).



Figura 52 - (a) e (b) Transparências que filtram a luz através do painel artístico de Athos Bulcão, em chapa metálica perfurada, atenuando a incidência de luz e calor na fachada oeste ao mesmo tempo em que cumpre função estética para o local. (Foto da autora, 2006)

As estratégias adotadas no Terminal de passageiros permitem a exploração da iluminação natural de diversas formas e ainda favorecem a integração entre o uso da iluminação natural e a artificial, o que faz com que parte da iluminação artificial seja acionada apenas no final da tarde, como é o caso do terraço panorâmico, em que a iluminação é acesa a partir das 17 horas.



Figura 53 - AIB - terraço panorâmico às 14 horas. Apenas os espaços comerciais utilizam luz artificial neste período. As áreas de circulação e das mesas na praça de alimentação utilizam somente a luz natural (Foto da autora, 2006)

O piso de embarque, na região do saguão anterior às salas de embarque, recebe muito pouca incidência da luz natural em determinadas regiões, principalmente as

destinadas aos espaços comerciais, sendo necessário o uso da luz artificial durante todo o dia, apenas algumas aberturas na laje do pavimento do terraço panorâmico (Figuras 54 a 56).



Figura 54 -A iluminação na parte comercial do piso de embarque do AIB associa a luz natural vinda dos elementos de condução descritos anteriormente e a iluminação artificial, necessária durante todo o dia devido à localização e as atividades realizadas nos espaços comerciais. A iluminação artificial nos espaços de circulação é feita por plafons no forro e luminárias de luz indireta, refletida nas superfícies inclinadas de concreto do terraço panorâmico e complementada pela iluminação das lojas, também artificial (Foto da autora, 2006).



Figura 55 -Vão sobre a rampa que liga o mezanino (*check-in*) ao piso de embarque, com percepção da luz natural captada através do terraço panorâmico. Observar que a luz artificial está acesa tanto no mezanino quanto no piso de embarque, enquanto que no pavimento superior está acesa apenas a iluminação das lojas (Foto da autora, 2006).

O uso da iluminação natural também influencia na utilização de ar condicionado, ventilação e exaustão mecânica no AIB. Com muitos espaços abertos, o terminal de passageiros explora a iluminação e a ventilação natural, possuindo ar condicionado somente nas áreas de embarque, desembarque e no interior das lojas. A Figura 59 mostra o elemento de concreto que faz a ligação entre o bloco principal do Terminal de Passageiros e o Satélite Norte - de embarque. A captação de luz natural é realizada por aberturas laterais de formato circular, que ficam permanentemente vedadas, atendendo a questões de segurança e controle de ruído. Neste caso há utilização de sistema ar condicionado. Já o Terraço Panorâmico não utiliza sistema de Ar condicionado. As superfícies envidraçadas possuem aberturas.



Figura 56 - AIB – circulação entre o terminal de passageiros e o satélite Norte (esquerda) e terraço panorâmico (direita), diferentes situações de uso do ar condicionado (Foto da autora, 2006).

b) Nas simulações computacionais

b.1 NO TERRAÇO PANORÂMICO

Para se adequar às características do software com relação à configuração arquitetônica do pavimento e permitir uma informação mais aproximada do conjunto, o terraço panorâmico do AIB foi subdividido em quatro regiões. A figura abaixo traz os dados que foram adotados para a simulação do pavimento, a saber: as letras A, B, C e D representam as regiões estabelecidas com a distribuição das curvas isolux, sendo que a região C não foi simulada, pois apenas representa uma obstrução à passagem de luz no pavimento; a letra E representa os beirais no lado ar e no lado terra (em marrom com hachuras); os retângulos marrons representam as obstruções – espaços comerciais - e as letras F, G e H, indicam os locais dos cortes transversais às aberturas laterais que

resultaram nos gráficos dos valores de FLD e Uniformidade média obtidos para cada local (ver legenda dos gráficos).

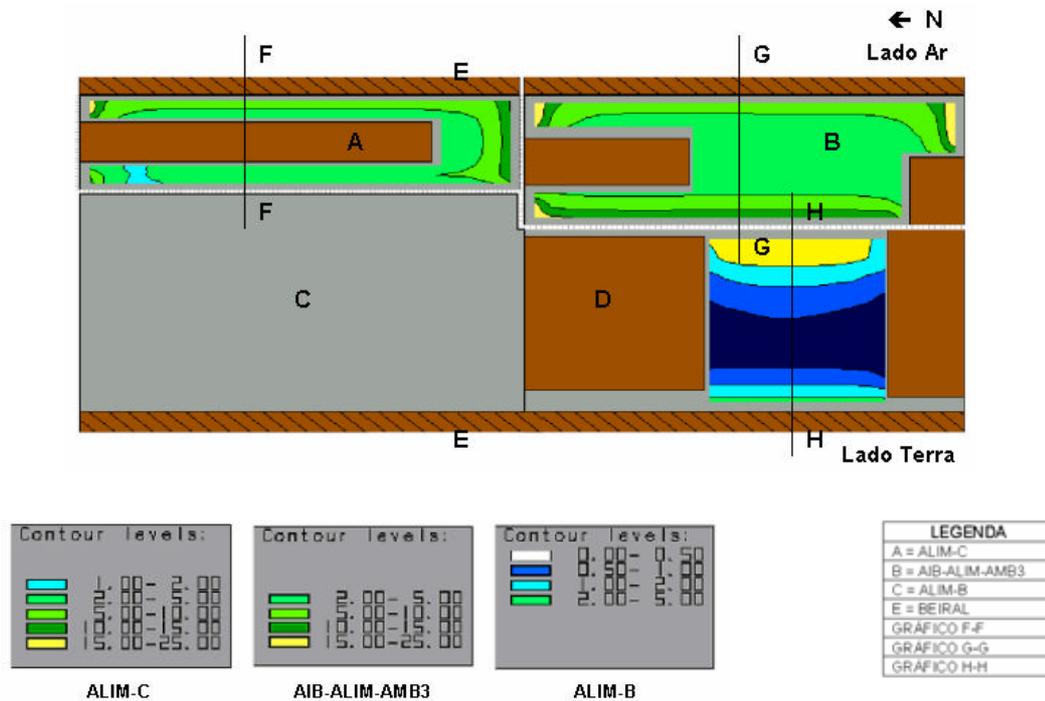
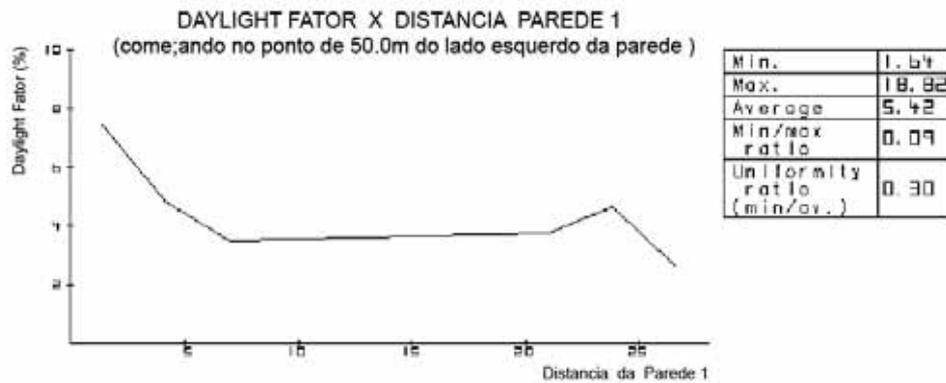


Figura 57 - AIB – Terraço panorâmico: simulações no software Daylight

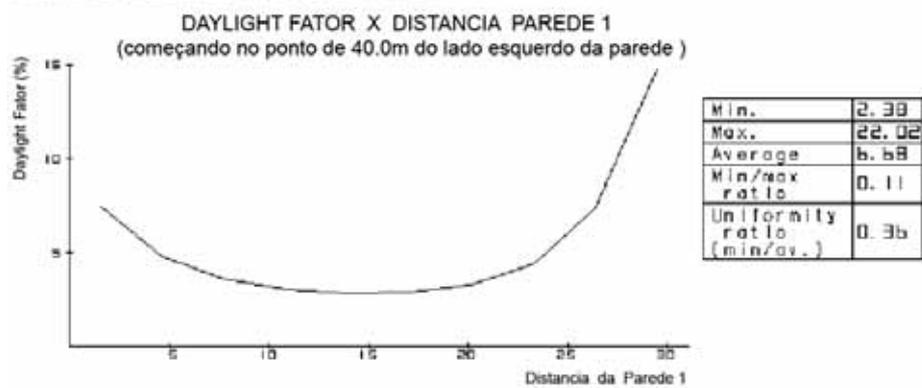
O clerestório existente nos dois lados foi calculado no programa como uma abertura lateral de peitoril elevado. As obstruções representam os espaços comerciais e, com exceção dos quiosques abertos, utilizam iluminação artificial durante todo o horário de funcionamento; na região D a maior obstrução representa as salas de cinema. Nas regiões A e B foram obtidos os valores mais elevados de FLD, considerando as aberturas do lado ar, de maiores dimensões e maior coeficiente de transmissão (vidros incolores). Os valores menores na região D devem-se ao menor coeficiente de transmissão das janelas, que utilizam vidros fumes e às dimensões do beiral. Os valores de uniformidade média obtidos (máximo 0,36) estão abaixo dos recomendados pela CIE – valores acima de 0,8. Porém, o software considera céus encobertos e uniformes. Os gráficos abaixo apresentam os valores obtidos em cada ambiente:

AMBIENTE REFERENCIA: ALIM-C

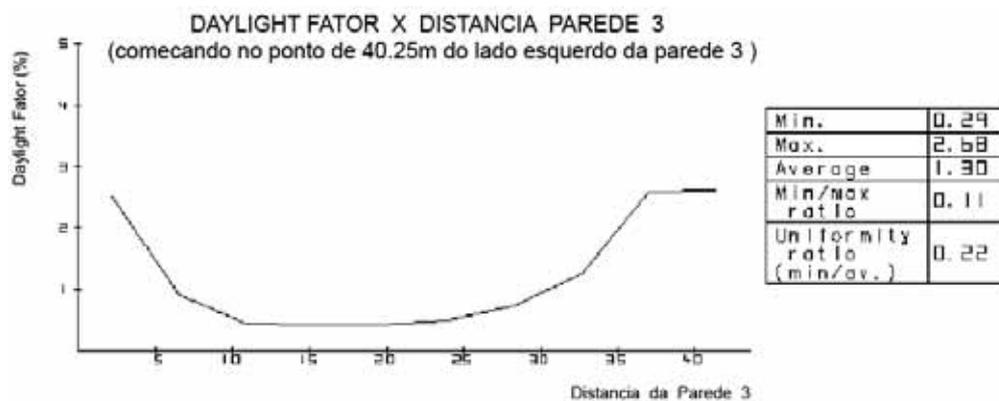


(A)

AMBIENTE REFERENCIA: AIB-ALIM-AMB3



(B)



(C)

Figura 58 -AIB – Terraço Panorâmico: gráficos do FLD e dados de uniformidade obtidas em simulação com o software Daylight.

b.2 NO PISO DE EMBARQUE

Para a simulação da iluminação natural no pavimento de embarque, a planta foi dividida em oito regiões.

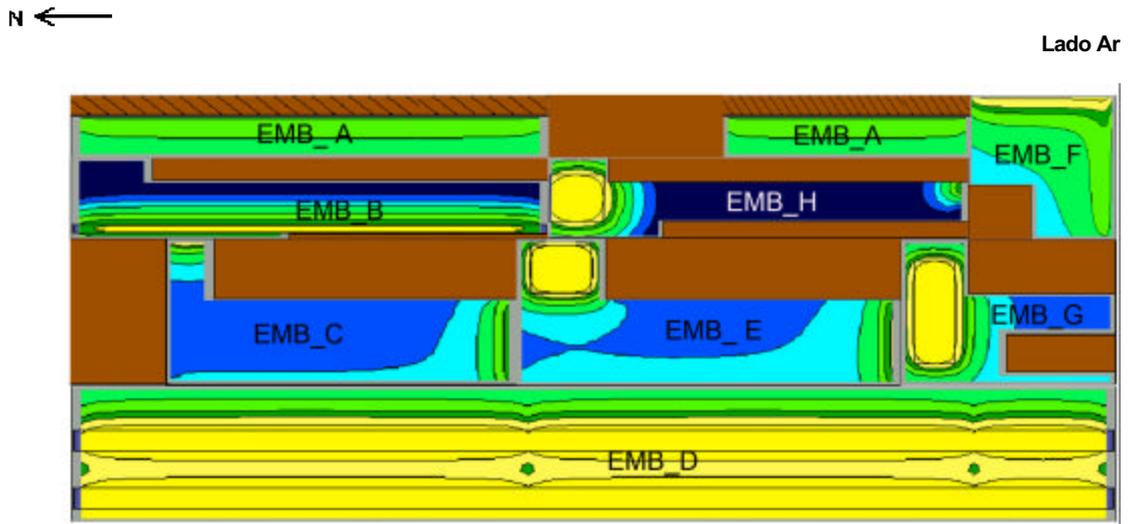
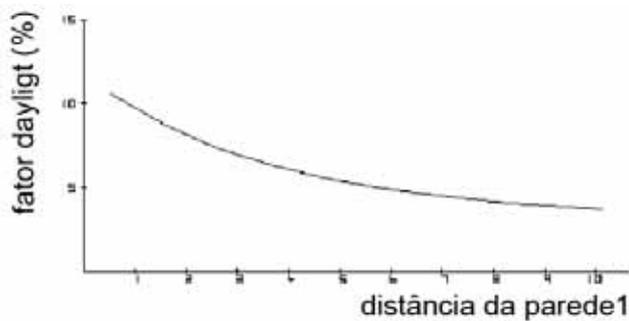


Figura 59 - AIB – Piso de Embarque: simulações no software Daylight

Lado Terra

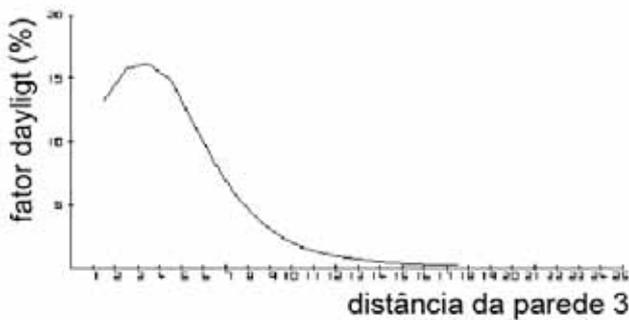
As figuras a seguir apresentam os gráficos de cada um dos ambientes trazendo os resultados dos valores de FLD e Uniformidade média fornecidos pelo software *Daylight* em cada local.

EMB-A



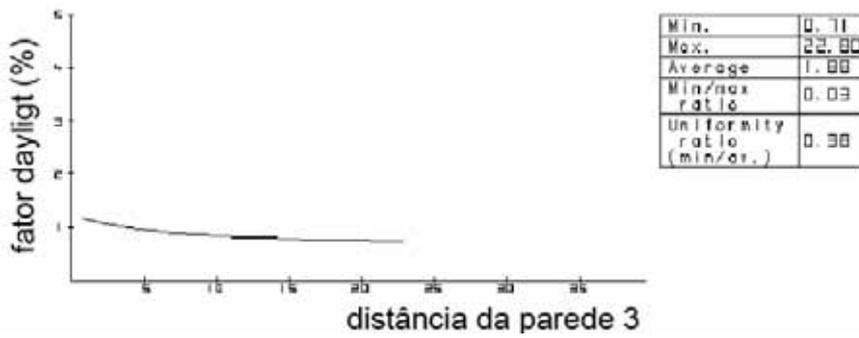
Min.	2.11
Max.	10.60
Average	5.06
Min/max ratio	0.29
Uniformity ratio (min/av.)	0.53

EMB-B



Min.	0.03
Max.	16.22
Average	5.16
Min/max ratio	0.00
Uniformity ratio (min/av.)	0.01

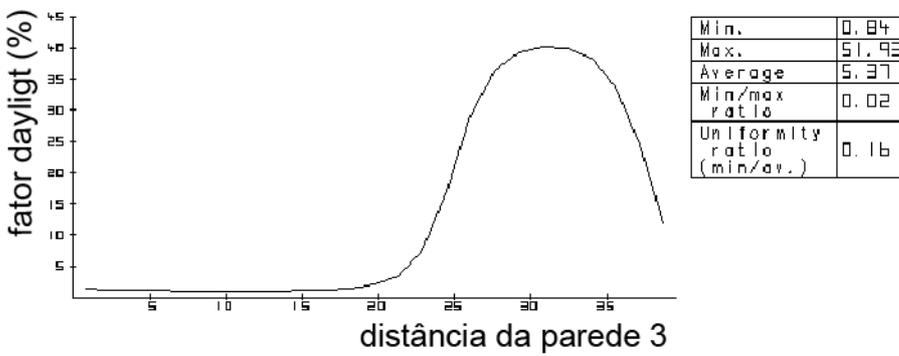
EMB-C



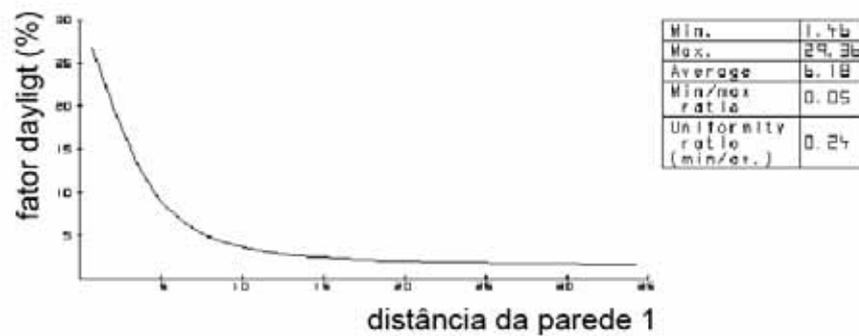
EMB-D



EMB-E



EMB-F



EMB-G



EMB-H

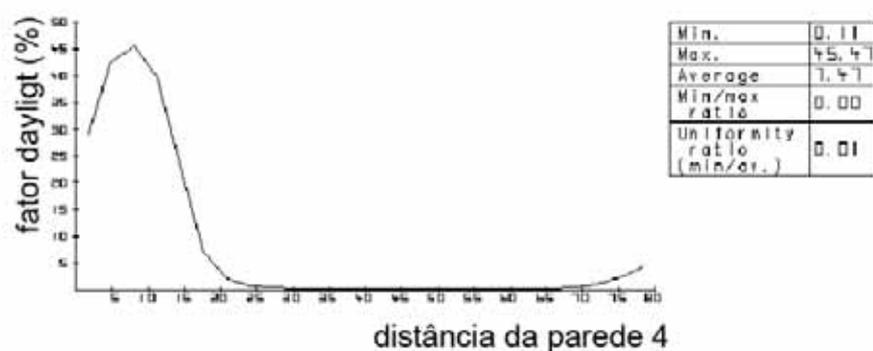


Figura 60 - AIB – Piso de Embarque: gráficos do FLD e dados de uniformidade obtidas em simulação com o software Daylight.

c) nas medições de iluminâncias *in loco*

A seguir serão apresentadas as medições realizadas nos dois ambientes do AIB. Em primeiro lugar as realizadas na praça de alimentação do terraço panorâmico e, em seguida, do piso de embarque.

c.1 TERRAÇO PANORÂMICO

A Figura 61 mostra o local onde foram realizadas as medições *in loco* no terraço panorâmico com o uso de luxímetros digitais, de acordo com a metodologia descrita no capítulo 5.

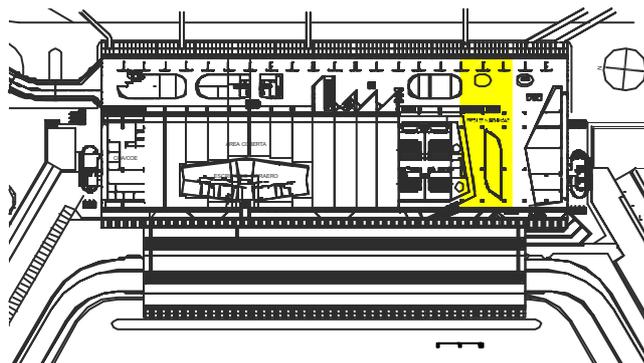


Figura 61 -AIB - Planta do terraço panorâmico indicando em amarelo o local das medições do nível de iluminâncias (Adaptado de PARADA, 2006)

Na primeira medição os níveis mais elevados são observados próximos à fachada leste, alcançando valores superiores a 55.000 lux, devido à proximidade com a superfície envidraçada voltada para o pátio das aeronaves (Figuras 65 e 66). O pequeno foco de iluminação mais intensa mais ao centro da figura 65 (valores médios entre 700 e 900 lux) é resultante do elemento zenital entre os planos curvos da cobertura.

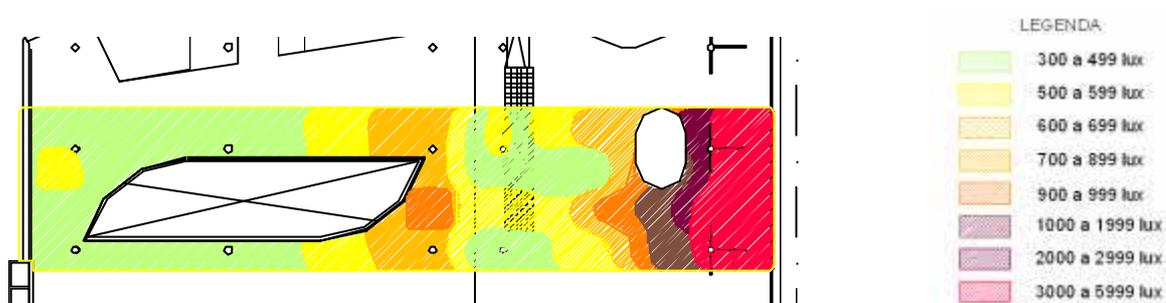


Figura 62 -AIB – Praça de alimentação: curvas isolux obtidas a partir da primeira medição.

AIB – Praça de Alimentação – 1a medição
Início: 09h45min - término: 10h09min
Céu claro com névoa seca

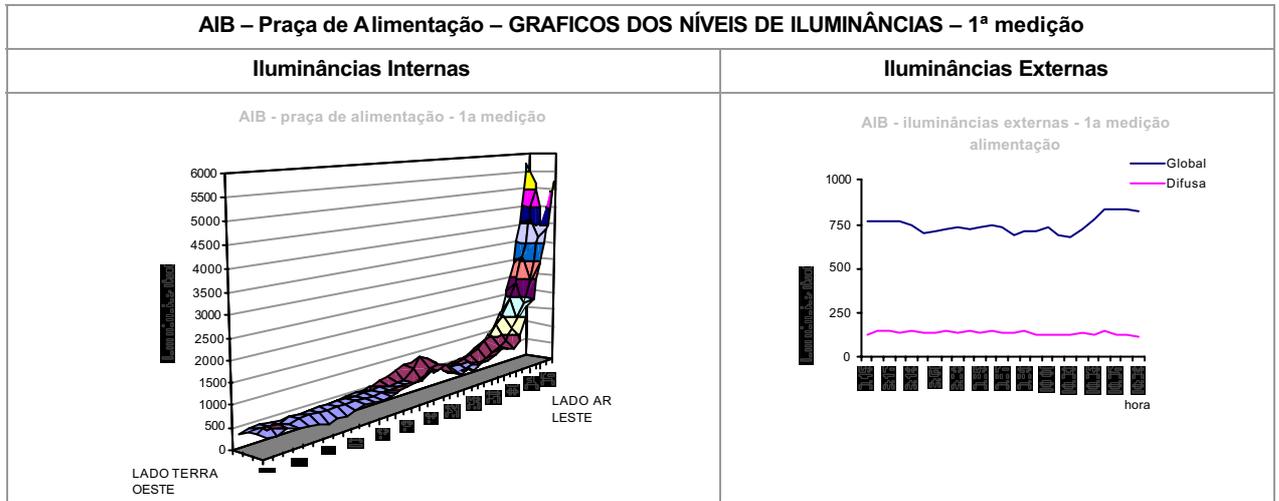


Figura 63 -AIB – Praça de alimentação: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas na primeira medição.

Na segunda medição ainda há uma concentração dos níveis mais elevados próximos à fachada leste com os valores máximos próximos de 40.000 lux, porém pode ser percebido um aumento dos valores nos pontos próximos à fachada oeste, devido à movimentação do sol (Figuras 67 e 68).

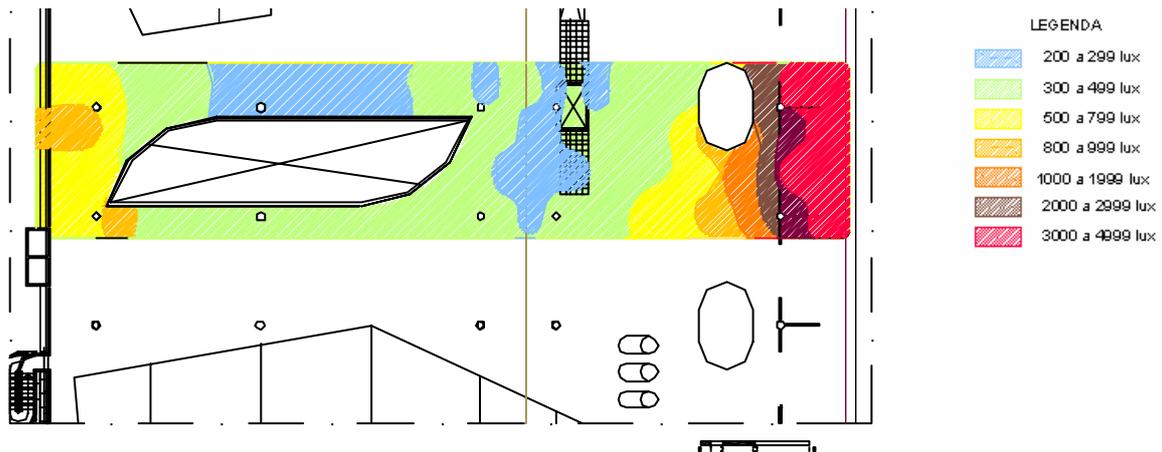


Figura 64 -AIB - Praça de alimentação: curvas isolux obtidas a partir da segunda medição.

AIB – Praça de Alimentação - 2a medição
Início: 12h08 min - término: 12h35min
céu parcialmente nublado

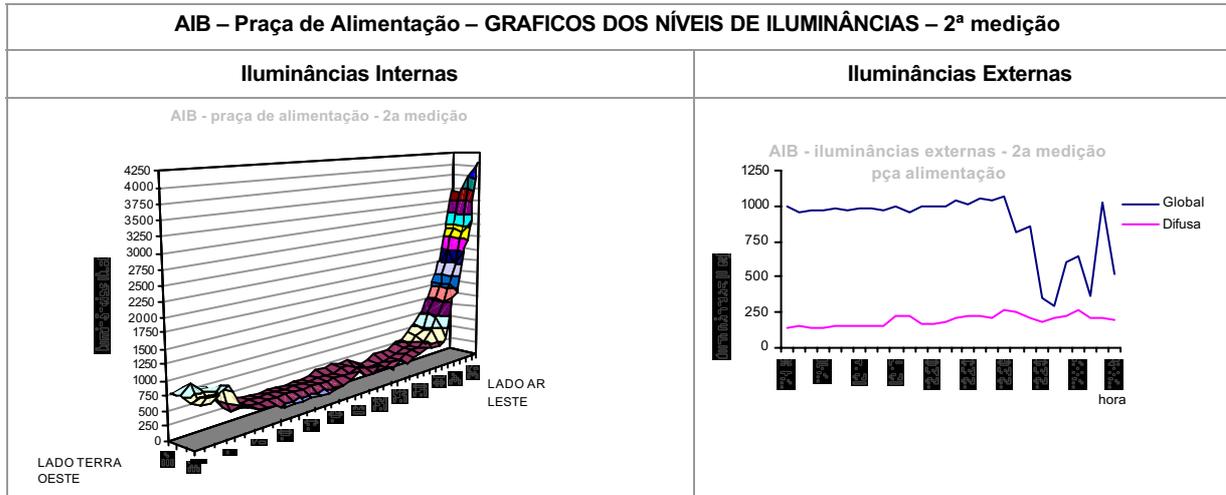


Figura 65 -Praça de alimentação: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas na segunda medição.

Os níveis médios de iluminância estão bem mais baixos (valores médios entre 300 lux) e mais homogêneos. Acompanhando o gráfico abaixo se percebe que os níveis mais baixos estão próximos à fachada leste, que ainda mantêm um nível próximo ao da fachada oeste devido à presença de materiais transparentes. Já os níveis da fachada oeste não são maiores devido a um afastamento entre o término do nível do piso e o beiral. Embora a proteção da fachada oeste seja com elementos transparentes, seu afastamento evita que sejam percebidos de perto os maiores níveis de iluminância e ainda o aquecimento resultante dos materiais. Como resultado favorecem-se a ambiência higrotérmica e lumínica do local.

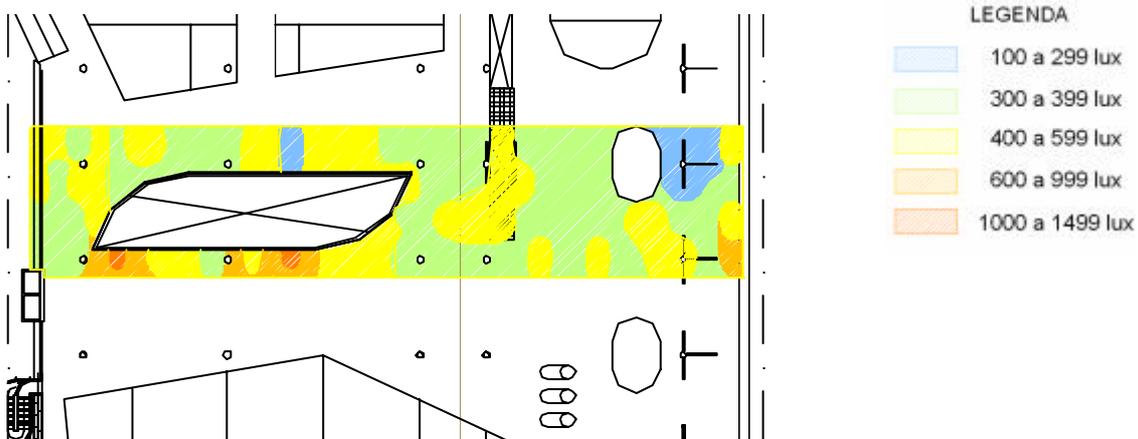


Figura 66 - AIB - Praça de alimentação: curvas isolux obtidas a partir da terceira medição.

AIB – Praça de Alimentação – 3ª medição
Início: 15:25h - término: 15:56h
céu parcialmente nublado

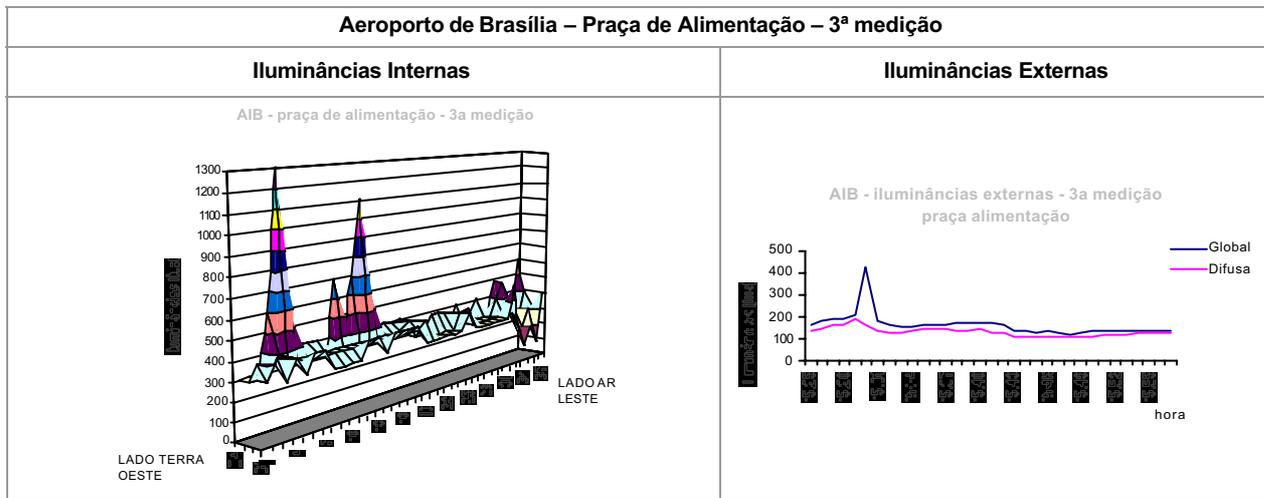


Figura 67 -AIB - Praça de alimentação: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas na terceira medição.

Na terceira medição os níveis de iluminância interna foram mais uniformes e mais baixos que os obtidos nas medições anteriores devido à posição do sol, inclusive com valores próximos entre as iluminâncias global e difusa, devido às condições do céu.

c.2 AMBIENTE 2 - PISO DE EMBARQUE

No piso de embarque as medições foram realizadas sob o vazio da praça de alimentação, estendendo-se do nível intermediário do *check-in*, rampa que dá acesso ao mezanino e parte dos espaços comerciais antes dos portões de embarque.

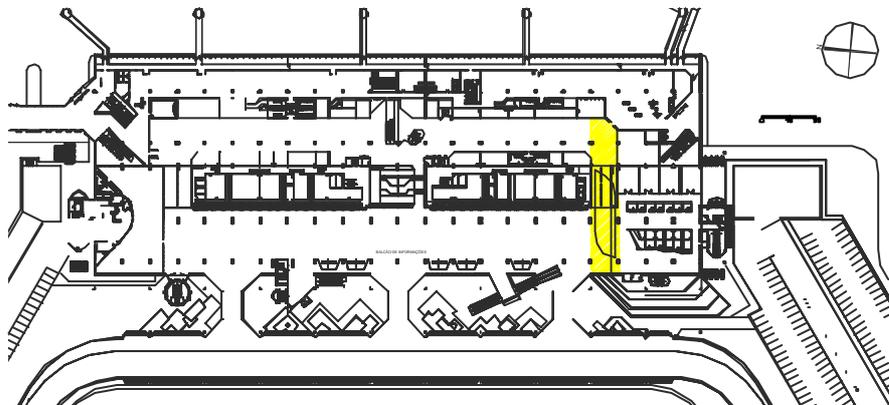


Figura 68 -AIB - Planta do piso de embarque indicando o local das medições do nível de iluminâncias

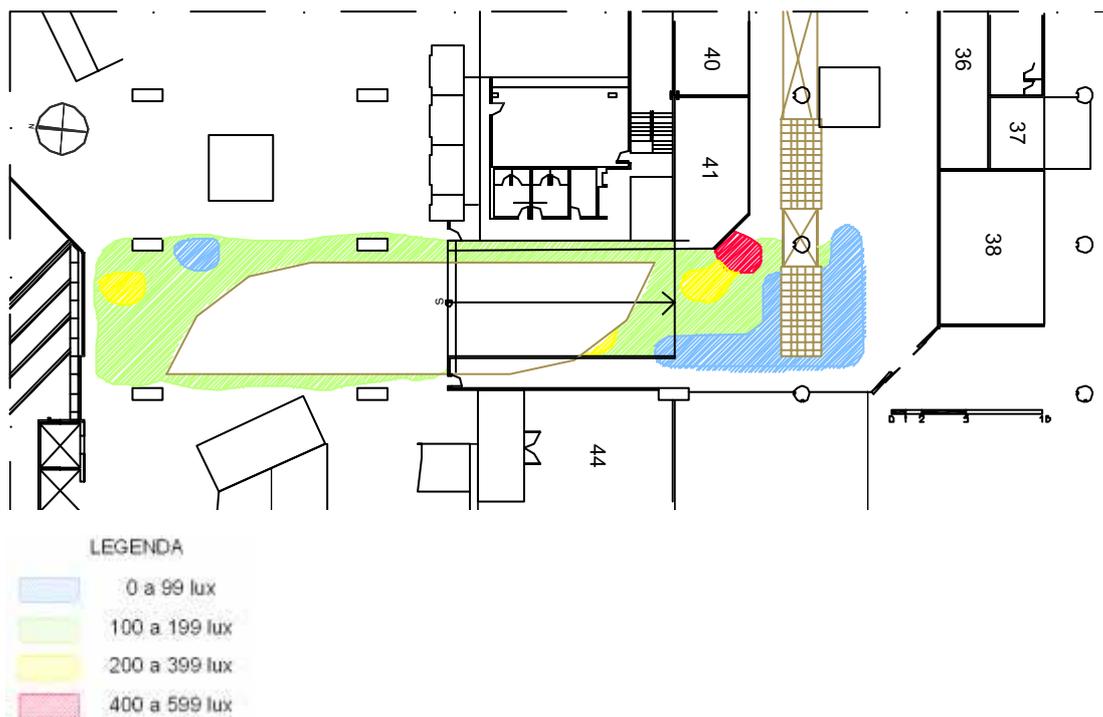


Figura 69 - AIB – Piso de Embarque: curvas isolux obtidas a partir da primeira medição.

AMBIENTE No 2 – TRANSIÇÃO ENTRE MEZANINO E PISO DE EMBARQUE

DATA DA MEDIÇÃO: 04/05/2006

ORIENTAÇÃO DAS ABERTURAS: NORDESTE – pele de vidro piso-teto

AIB – Transição entre Mezanino e Piso de Embarque

Início: 09:45h - término: 09:59h

céu claro com névoa seca

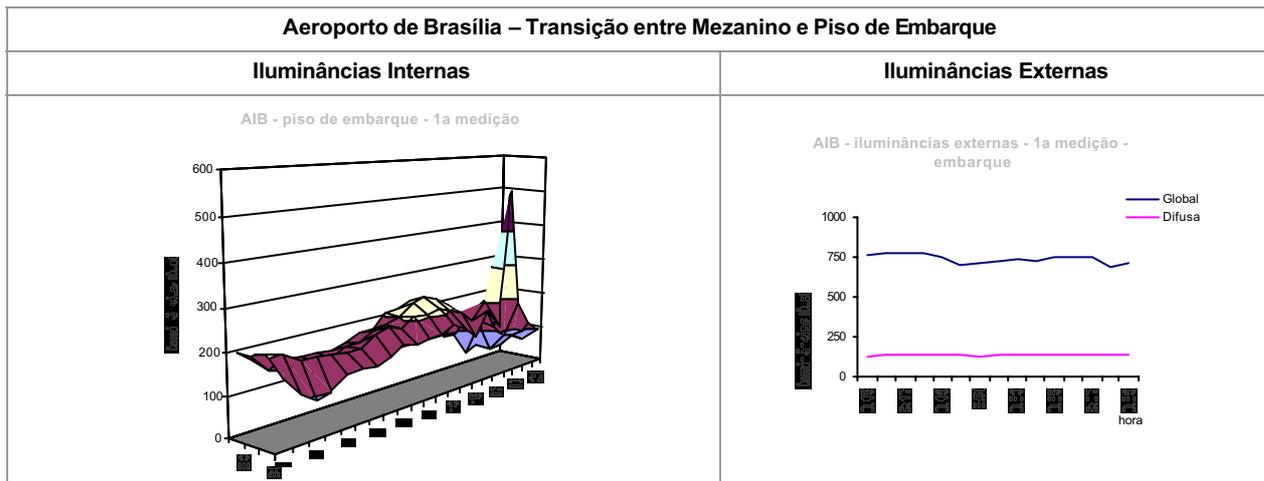


Figura 70 - AIB – Piso de Embarque: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas na 1ª medição

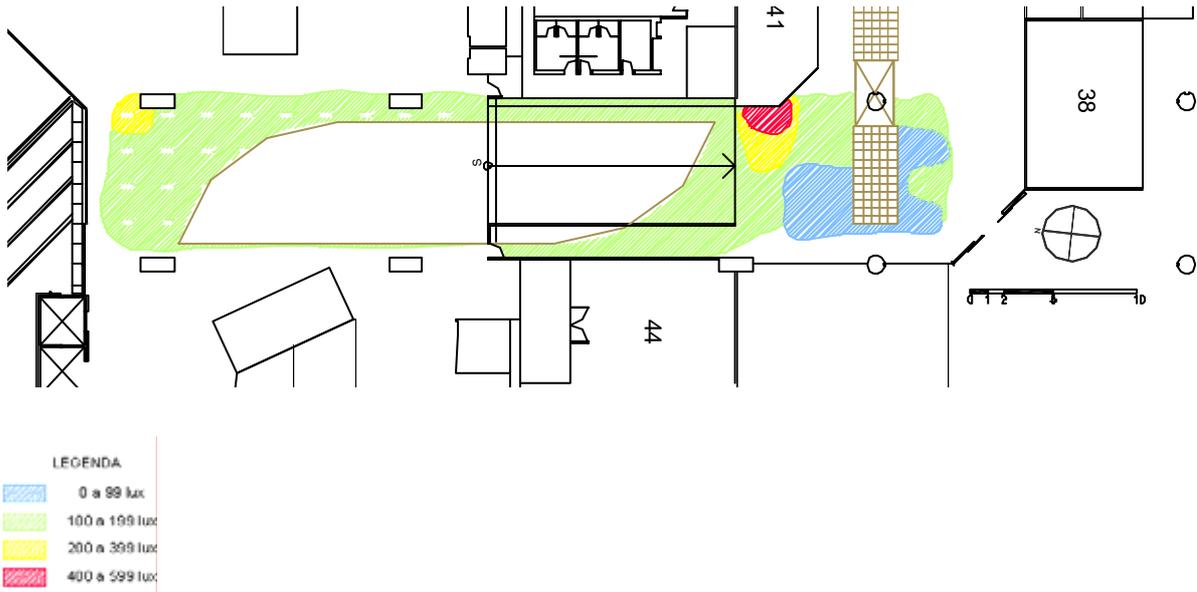


Figura 71 - AIB – Piso de Embarque: curvas isolux obtidas a partir da segunda medição.

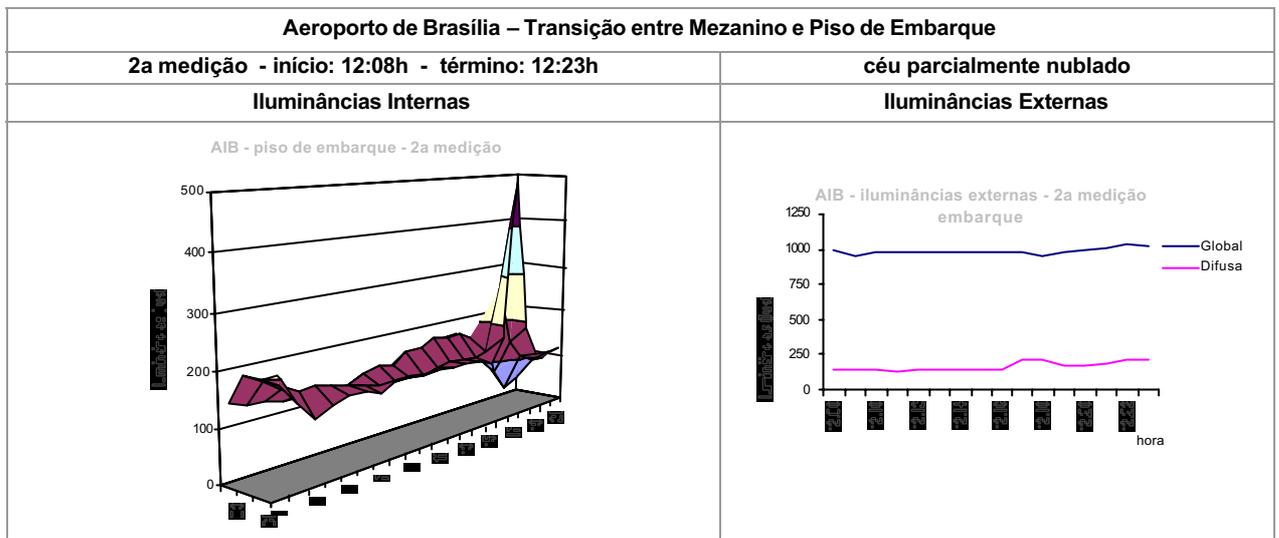


Figura 72 - AIB – Piso de Embarque: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas na 2ª medição

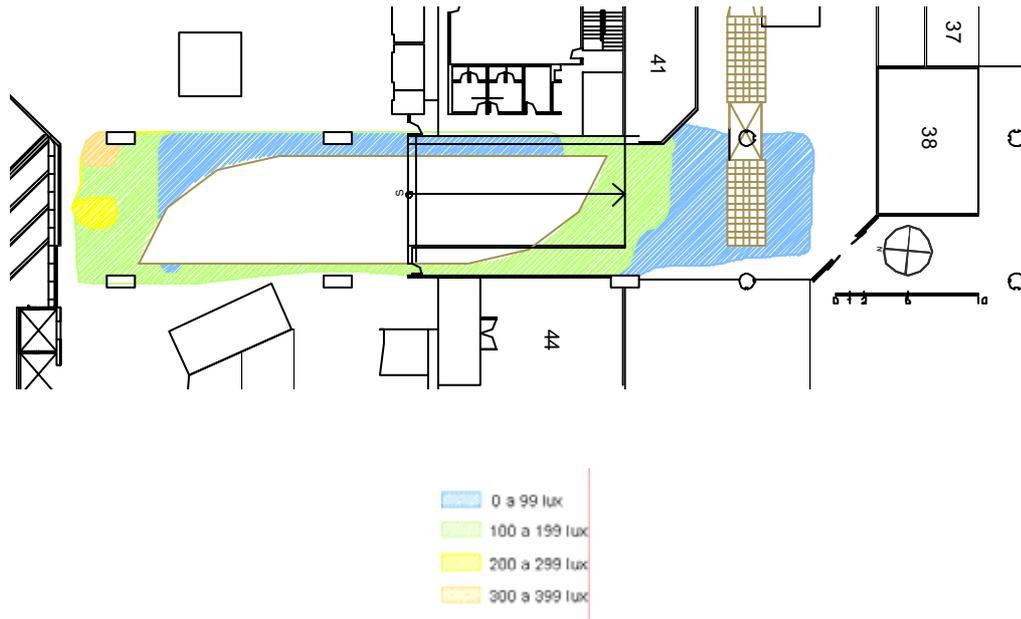


Figura 73 -AIB – Piso de Embarque: curvas isolux obtidas a partir da terceira medição.

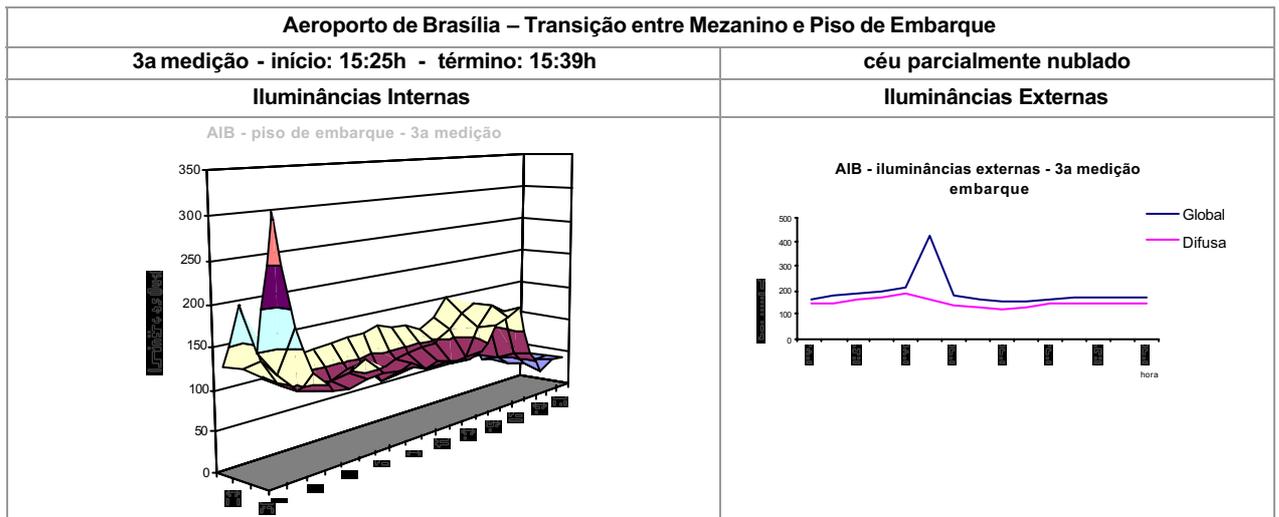


Figura 74 -AIB – Piso de Embarque: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas na terceira medição

d) Na percepção dos usuários

Os usuários do Terraço Panorâmico afirmaram em entrevista não se sentirem incomodados com os reflexos e ofuscamentos provocados pela luz natural no fim da tarde. Isto porque ali funciona a praça de alimentação e as atividades de produção dos alimentos estão em ambientes fechados onde predomina a iluminação artificial, que é mais uniforme. Fora dali ficam as mesas para o público e os balcões de atendimento, atividades que exigem menor esforço visual. Os entrevistados afirmaram que o período de reflexos

incômodos é relativamente curto, prevalecendo assim, o apelo estético do pôr-do-sol (Figura 44).



Figura 75 - Insolação no período da tarde na praça de alimentação. (BRENDOLAN, 2005)

e) No consumo de energia do AIB

Segundo dados obtidos junto à administração da Infraero, a conta de energia elétrica inclui a iluminação das seguintes áreas: terminal de passageiros, torre de comando, iluminação da pista e balizamento e o pátio das aeronaves principal (que pode ser visto através da praça de alimentação). Não há ainda separação entre o consumo de energia com ar condicionado e com iluminação, está em fase de implantação. Considera-se, portanto, que 60% do valor é gasto com ar condicionado e 40% com a iluminação.

O ar condicionado atende apenas às áreas de embarque e desembarque, administração e interior das lojas. O Subsolo, saguões o terraço contam com ventilação natural através de *sheds* e aberturas propostas pelo partido arquitetônico como medida para eficiência energética na edificação.

Mesmo após o racionamento de energia, o consumo de energia no aeroporto vem crescendo nos três últimos anos, conforme pode ser visto na Tabela a seguir.

A tabela abaixo apresenta os dados de consumo de energia do Aeroporto Santa Genoveva no período de 2002 a 2004.

Tabela 10 - Consumo de energia do AIB no período de 2002 a 2004

AIB - consumo de energia (Kwh)			
mês	2002	2003	2004
JAN	684.773	808.962	1.108.080
FEV	603.900	729.240	888.350
MAR	622.511	678.042	830.003
ABR	685.301	635.608	1.048.614
MAI	791.412	741.621	935.446
JUN	666.017	585.527	897.875
JUL	587.347	567.758	937.300
AGO	705.409	708.298	875.806
SET	660.597	726.760	992.290
OUT	648.980	883.553	1.029.612
NOV	776.434	881.464	1.104.586
DEZ	672.217	839.841	1.207.733
TOTAL	8.104.898	8.786.674	11.855.695

tarifa: Comercial - AZUL - período seco/úmido

Fonte: Demonstrativos de faturamento CEB (2005)

a) Consumo médio anual no período: 9.582.422,30 kWh

b) Área do Terminal de Passageiros: 67.369,80 m²

c) Consumo médio anual: 112,37 kWh/m²

Tendo em vista o consumo energético das edificações não residenciais apresentado na Tabela 2 (pág. 92) por Amorim (2004), o consumo de energia do AIB está 50,60% abaixo da média dos valores apresentados na referida tabela (227,50 kWh/m²). Este resultado representa um consumo satisfatório, resultante de algumas medidas adotadas desde o projeto de arquitetura, que possibilitam, por exemplo, a não utilização do sistema de ar condicionado e de luz artificial em determinados locais, como é o caso da praça de alimentação no terraço panorâmico, que só acende a iluminação a partir das 17 horas.

6.2.2 Aeroporto Santa Geneveva – Goiânia/GO

Os dados apresentados na Tabela 8 oferecem um panorama geral sobre os dados do complexo aeroportuário do Aeroporto Santa Geneveva (ASG), com informações sobre as áreas, o movimento operacional do aeroporto e quadros resumo de áreas dos pavimentos do TPS.

6.2.2.1 Informações preliminares

a) Histórico e dados gerais

Tabela 11 - ASG - Dados gerais do complexo aeroportuário

SÍTIO AEROPORTUÁRIO
Área: 3.967.365,04 m ²
PÁTIO DAS AERONAVES
Área: 11.000 m ²
PISTA
2.200 x 45 m
TERMINAL DE PASSAGEIROS (TPS)
Capacidade: 600.000 passageiros/ ano
Área: 7.650m ²
ESTACIONAMENTO DAS AERONAVES
Número de posições: 06
ESTACIONAMENTO DE VEÍCULOS
Capacidade: 240 vagas
Fonte: INFRAERO, 2005

O primeiro aeroporto de cidade de Goiânia foi implantado em meados da década de 30 e localizava-se em uma área entre o Setor Campinas e o Setor Central, hoje denominada Setor Aeroporto (INFRAERO, 2005).

Este aeroporto atendeu à sua finalidade até meados da década de 50. A partir desta época, com o terreno já envolvido pelo crescimento da malha urbana, tornou-se necessário um novo sítio aeroportuário, com infra-estrutura que atendesse às aeronaves mais modernas e à crescente demanda de passageiros e cargas. Houve então a transferência para novo local aonde funciona desde 1956 até os dias atuais.

O aeroporto de Goiânia, desde a sua mudança para o novo sítio, foi planejado para ser um aeroporto internacional. Este propósito visava tornar Goiânia a primeira cidade do Centro Oeste a dispor de um aeroporto internacional, já que o planejamento de Brasília ainda não havia sido iniciado.

O Terminal de Passageiros em sua primeira ampliação passou dos seus originais 1200m² para 1900m². Outras ampliações foram realizadas em 1981, e em 1994. Em 2000 foi feita uma nova ampliação do Terminal de Passageiros, incluindo a instalação de ar condicionado em toda a sua área resultando em uma área de 6500m².

O Aeroporto de Goiânia está em fase de modernização, com a construção de um novo terminal de passageiros. A capacidade atual para 600 mil passageiros por ano tem sido insuficiente para o movimento registrado nos últimos anos. Em 2005 o aeroporto recebeu mais de 1,2 milhões de passageiros (INFRAERO, 2007). O novo terminal terá capacidade para receber dois milhões de usuários ao ano, podendo chegar à capacidade de

12 milhões de passageiros anuais em 2014. Até 2011 é previsto um movimento alcançando 2,5 milhões de passageiros, um crescimento de 102% em relação a 2005 (MONTEIRO, 2007).

A classificação do terminal aeroportuário do Aeroporto Santa Genoveva segundo Güller e Güller (2003); Cuadra (2001) e Blow (1998), apresentada no capítulo 1 é a seguinte:

- Quanto à tipologia: terminal linear
- Quanto à propriedade: Infraero
- Quanto ao destino dos vôos: aeroporto doméstico
- Quanto ao número de níveis para configuração de embarque e desembarque: terminal simples em nível único para embarque e desembarque lado a lado



Figura 76 -Aeroporto Santa Genoveva, de Goiânia/GO mostrando parte da marquise do Terminal de Passageiros, de configuração linear e, ao fundo, a torre de comando.

b) Dados do clima e disponibilidade de luz natural em Goiânia/GO

Para análise das características específicas do clima de Goiânia, adotaram-se as normais climatológicas publicadas pelo INMET (1992, *apud* MORAIS BALDOÍNO 2006) para os anos de 1961 a 1990, que serviram de base para adoção dos dados primários de valores de temperatura do ar (mínima, média, máxima), precipitação atmosférica, evaporação, umidade, insolação e nebulosidade (MORAIS BALDOÍNO, 2006).

CLIMA: tropical de altitude, com duas estações no ano: quente-úmida durante o verão e quente-seca no inverno. Segundo TRT-18 *apud* FERNANDES (2006), as duas estações bem definidas: a chuvosa, com duração de cinco meses, e a seca, com três meses secos e dois com pouca chuva.

LATITUDE³⁷: 16°41' sul

LONGITUDE: 49° 17' oeste

ALTITUDE: 730 m

VENTOS DOMINANTES:

Tabela 12 - Direção e velocidade dos ventos para Goiânia

Predominância		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	dez
Primeira	Rumo	N	N	E	E	E	E	E	E	E	N	N	N
	Velocidade	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,0	2,5	2,5
Segunda	Rumo	NNO	NNE	ENE	ENE	S	S	ESE	ENE	S	NNE	ENE	NNE
	Velocidade	3,0	3,0	3,5	2,5	2,5	2,5	3,0	4,0	2,0	2,0	3,0	2,5

Fonte: (FERNANDES, 2006)

RADIAÇÃO SOLAR

Tabela 13 - Radiação solar incidente para a latitude 17° sul (Goiânia/GO: 16°41' sul)

RADIAÇÃO SOLAR – GOIÂNIA				
Totais diários (W/m ²)				
NORTE	LESTE	OESTE	SUL	COBERTURA
22 dezembro				
	3.296	3.295	2.581	8.599
22 março/ 22 setembro				
	2.933	2.933	574	7.625
21 junho				
	2.269	2.269	488	5.418

Fonte: Adaptado de Frota; Schiffer, 1995.

Segundo Moraes Baldoíno (2006), “a insolação é maior no período da seca, nos meses de inverno que apresentam baixíssima nebulosidade. A insolação média varia de 156,4 a 283,1 horas e décimos e a nebulosidade de 3,0 a 7,6 de 0-10”.

³⁷ Fonte para os dados do item a: (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998)

TEMPERATURA:

Tabela 14 - Média mensal das temperaturas em Goiânia/GO

Mês	Média aritmética mensal da temperatura (°C)	Média mensal das temperaturas máximas diárias (°C)	Média mensal das temperaturas mínimas diárias (°C)	Temperatura máxima observada no mês – média (°C)	Temperatura mínima observada no mês – média (°C)
Março	22,8	29,4	18,0	32,0	14,7
Junho	19,8	28,3	10,4	30,0	6,4
Setembro	23,2	32,0	14,7	34,5	9,5
Dezembro	22,7	28,2	18,2	31,2	14,2

Fonte: (FROTA; SCHIFFER, 1995)

Segundo Moraes Baldoíno (2006):

- Temperatura média: varia por ano de 20,8°C a 24,6°C
- Médias das máximas de aproximadamente 3,8° (de 28,2° em dezembro a 32,0° em setembro)
- Médias das mínimas de 8,4° (de 9,8° em julho a 18,2° em dezembro e em fevereiro).

UMIDADE DO AR:

Tabela 15 - Média mensal umidade relativa do ar em Goiânia/GO

Mês	Média aritmética mensal da umidade relativa (%)
Março	82
Junho	68
Setembro	54
Dezembro	82

Fonte: (FROTA; SCHIFFER, 1995)

De acordo com Moraes Baldoíno (2006):

- A umidade relativa do ar média está entre 53 a 76%, sendo dezembro o mês mais úmido e agosto o mês mais seco.
- Os índices de evaporação são menores nos meses de outubro a abril e maiores nos meses de maio a setembro.

- evaporação total (mm) de 88,0 a 202.4mm;

PRECIPITAÇÕES:

Tabela 16 - Média mensal de precipitações em Goiânia/GO

Mês	Total mensal da chuva caída – precipitação (mm)
Março	198
Junho	5
Setembro	36
Dezembro	271

Fonte: (FROTA; SCHIFFER, 1995)

Morais Baldoíno complementa ainda que (2006):

- Período mais chuvoso: de outubro a abril, com médias de 200 mm/mês
- Período mais seco: de maio a setembro
- O mês de abril se caracteriza como de transição para a estação seca, definida pelos meses de: maio, junho, julho, agosto e setembro, sendo os meses de junho, julho e agosto sem chuvas
- Variação de 6,2 a 270,3 mm
- a nebulosidade do céu é maior nos meses de outubro a abril e menor nos meses de maio a setembro.

ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS:

A ABNT NBR 15220 - Parte 3, que indica o zoneamento climático brasileiro, juntamente com a carta bioclimática e suas recomendações, propõe para Goiânia:

- a) aberturas médias para ventilação
- b) sombreamento das aberturas
- c) vedações externas
- d) paredes pesadas
- e) coberturas leves e isoladas

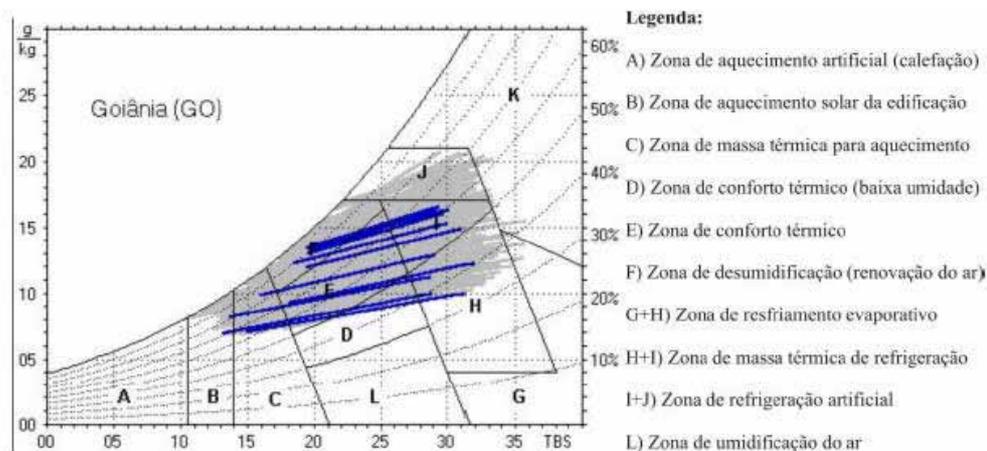


Figura 77 - Carta Bioclimática para Goiânia. (MORAIS BALDOINO, 2006)

6.2.2.2 Análise da iluminação natural no ASG

a) No projeto arquitetônico

O Terminal de Passageiros tem sua fachada principal orientada para sudoeste (lado terra) e o pátio principal de aeronaves orientada para nordeste (lado ar). O Terminal de Passageiros do Aeroporto Santa Geneveva, em Goiânia/GO, apresenta planta linear distribuída em dois pavimentos - térreo e superior.

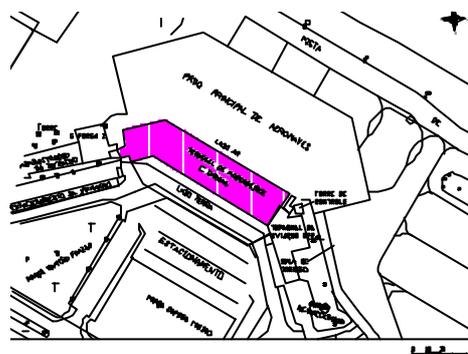


Figura 78 - ASG - implantação geral, evidenciando o Terminal de Passageiros. O lado ar está voltado para o nordeste e o lado terra para sudoeste (adaptado de ASG, 2006)

Com poucos espaços abertos e uma grande marquise sobre a entrada principal (lado terra), o terminal quase não utiliza iluminação e ventilação natural. À medida que foi sendo ampliado, a iluminação natural foi reduzida nos ambientes internos. Todos os ambientes utilizam iluminação artificial durante todo o horário de funcionamento e praticamente todos

os ambientes são climatizados artificialmente, uma opção de projeto que implica no aumento do consumo de energia.

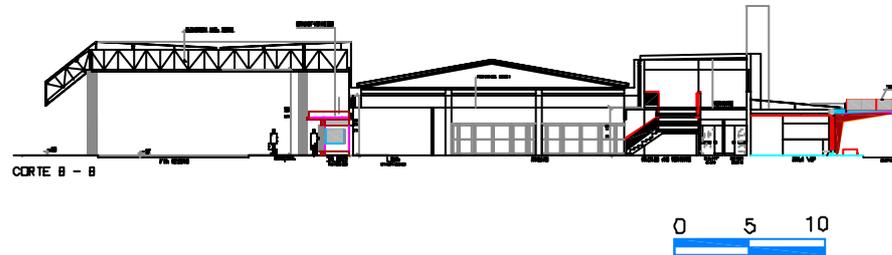


Figura 79 -ASG - corte transversal. As ampliações que ocorreram ao longo do tempo obstruíram a passagem da iluminação natural para o interior do terminal (adaptado de ASG, 2006)

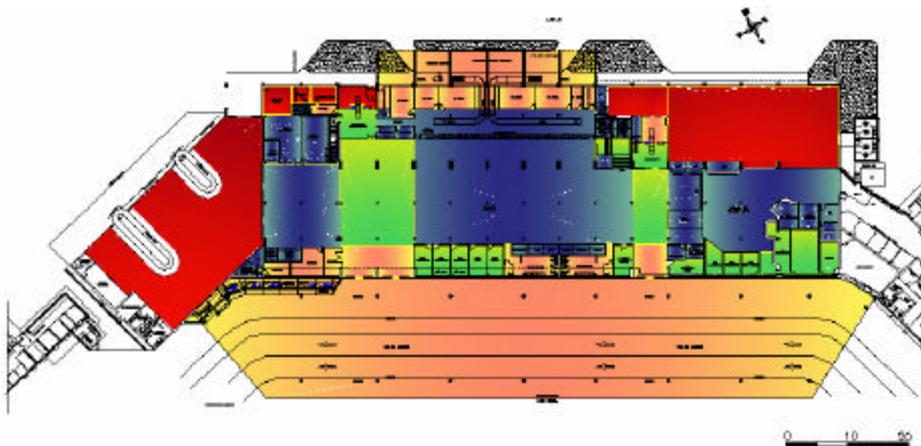


Figura 80 -ASG - planta do pavimento térreo com indicação esquemática da incidência da luz natural nos ambientes (adaptado de ASG, 2007)

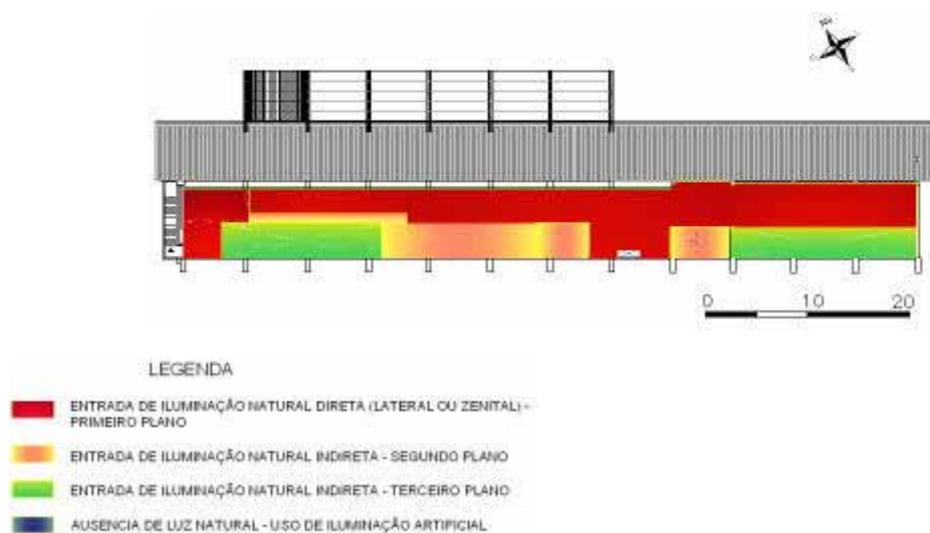


Figura 81 -ASG - planta do pavimento superior com indicação esquemática da incidência da luz natural nos ambientes (adaptado de ASG, 2007)

As figuras acima confirmam que grande parte do Terminal de Passageiros recebe muito pouca iluminação natural. Embora a forma retangular da edificação possua aberturas bilaterais que permitem uma boa distribuição interna da luz natural, as modificações ocorridas na arquitetura, como a criação da marquise de acesso no lado terra e a própria distribuição do espaço internamente, acabaram por restringir este acesso apenas às áreas de embarque e desembarque, que estão voltadas para o lado ar.



Figura 82 - A grande marquise para proteção dos passageiros em embarque-desembarque não priorizou o uso da luz natural. (Foto da autora, 2006)

Os elementos de fachada, bem como a utilização dos materiais internamente interferem na distribuição da iluminação dos ambientes. No terraço panorâmico a transparência favorece a comunicação visual com o lado ar e ainda a iluminação indireta para as áreas administrativas. Porém o material da marquise que protege o acesso às bagagens no pavimento térreo fica logo abaixo do peitoril da janela e tem coloração clara, o que provoca ofuscamentos em determinadas horas do dia (Figura 89). Ainda nos elementos de fachada, as transparências são exploradas apenas no lado ar, voltadas para as salas de embarque (Figura 91) e desembarque, que não possuem contato com o saguão do aeroporto.



Figura 83 - No terraço panorâmico, além da transparência, tem-se a reflexão da superfície clara que provoca reflexão da luz e ofuscamentos. (Foto da autora, 2006)



Figura 84 - Transparência nas esquadrias da sala de embarque do ASG voltadas para o lado ar – fachada sudoeste (Foto da autora, 2006).

As portas de vidro destas salas, por questões de segurança, possuem uma película opaca, que deixa passar muito pouca luz natural para o saguão, restando apenas a luz que chega de forma difusa nas duas portas de entrada pelo lado terra, que ficam sob a marquise principal. Com isso a iluminação artificial deve ser mantida acesa o dia todo.

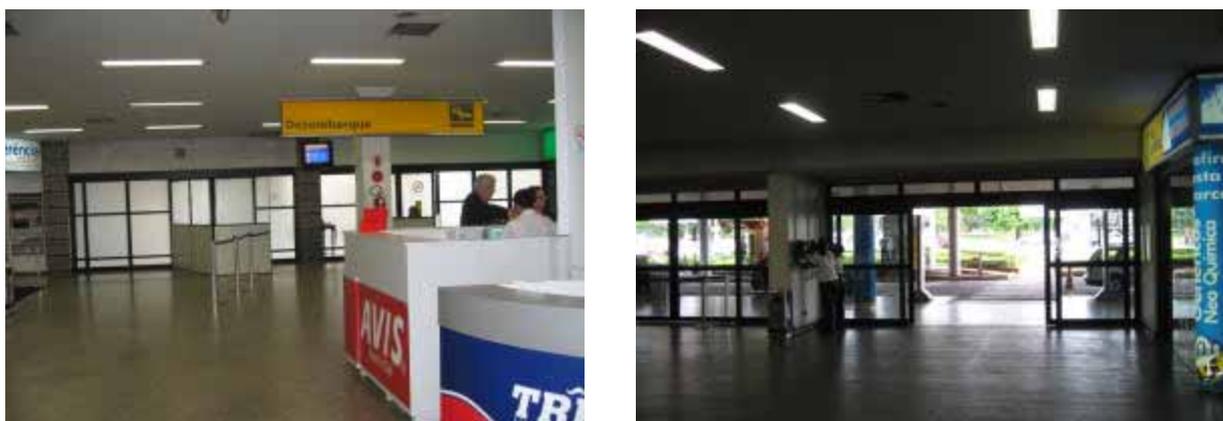


Figura 85 -Transparências na sala de desembarque, com película (esquerda) e na entrada principal voltada para o lado terra – fachada noroeste, uma das poucas entradas de luz natural para o saguão do aeroporto. (Foto da autora, 2006)

Quanto às proteções à incidência da luz solar, a principal delas é a marquise de entrada pelo lado terra, que, devido ao partido arquitetônico adotado, acaba tornando-se uma barreira à iluminação natural no interior do ambiente. Os usuários também interferem na entrada de luz com a utilização de películas, priorizando às vezes a privacidade ou a segurança interna. (Figura 92).



Figura 86 -ASG – barreiras à luz natural são priorizadas em função da privacidade ou segurança. Neste caso verifica-se a aplicação de película opaca em salas comerciais do saguão, na face voltada para a marquise da entrada principal. (Foto da autora, 2006)

As estratégias adotadas com relação à iluminação natural no ASG influenciam diretamente sobre os demais Elementos da Edificação que são adotados como parâmetro na presente análise. A luz natural não é explorada como recursos de ambiência. A ambiência lumínica e higrotérmica é alcançada somente com elementos artificiais de iluminação e climatização, que interferem diretamente sobre o consumo de energia (Figura 93). Outras análises são apresentadas nas imagens abaixo:



Figura 87 -ASG- a ambiência lumínica e higrotérmica é proporcionada somente com elementos artificiais de iluminação e climatização. (Foto da autora, 2006)



Figura 88 -ASG - Imagem da praça de alimentação durante a manhã mostrando a incidência de luz pelas janelas , juntamente com a iluminação artificial nas lojas e na área de lanches . (Foto da autora, 2006)

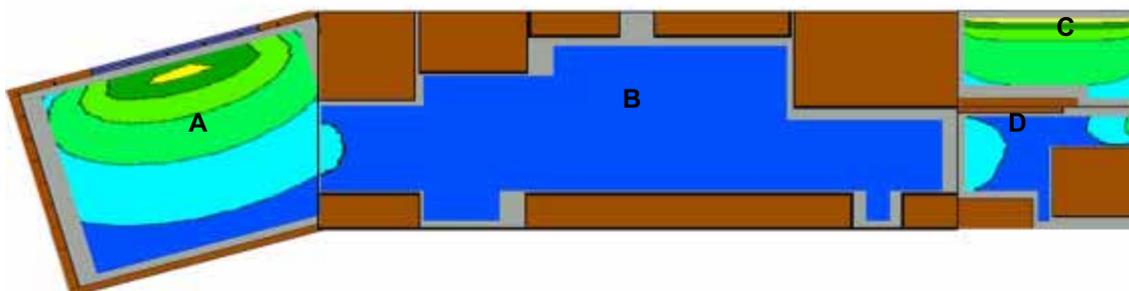


Figura 89 -ASG - Imagem da sala de embarque ao meio-dia. Observar que a iluminação artificial se encontra acesa. (Foto da autora, 2006)

b) Nas simulações computacionais

Dentre os resultados obtidos com as simulações, tem-se a representação gráfica dos níveis de FLD obtidos pelo software Daylight para o pavimento térreo do Aeroporto Santa

Genoveva, que apresenta as curvas isolux determinadas pelo programa, considerando as seguintes áreas: desembarque, saguão, embarque e praça de alimentação.



LEGENDA DOS VALORES DE FLD ENCONTRADOS CONFORME AS REGIÕES DA FIGURA ACIMA:

DESEMBARQUE (A)

SAGUÃO (B)

EMBARQUE (C)

PRAÇA DE ALIMENTAÇÃO (D)

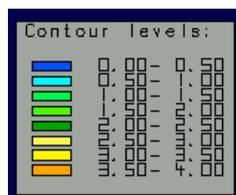
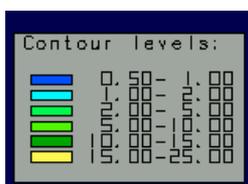
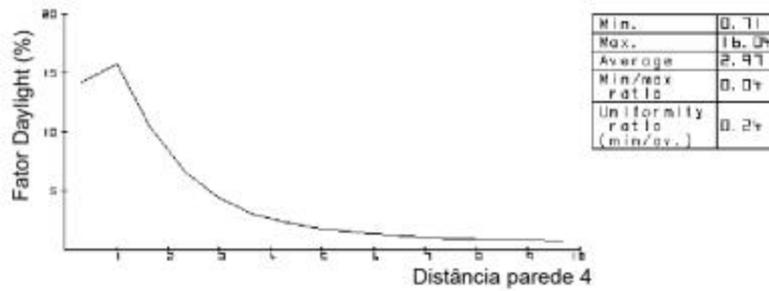


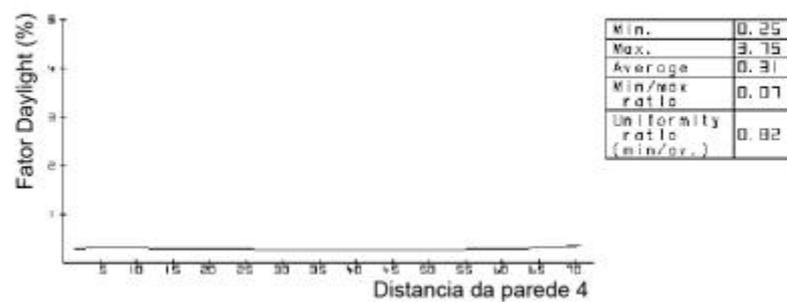
Figura 90 -ASG – Pavimento térreo: simulação dos níveis de FLD obtidos pela simulação com o software Daylight para os ambientes descritos na legenda. (Fonte: Daylight)

Os gráficos a seguir também foram obtidos pela simulação e complementam a imagem da figura 106, dos quais podem ser extraídos os valores de FLD e Uniformidade para os ambientes avaliados. O acompanhamento das imagens da figura 101, juntamente com os gráficos permite observar que existe permite observar que a Uniformidade do terminal medida pelo software se encontra satisfatória de acordo com os parâmetros adotados pela CIE. Este resultado ocorre devido às características do próprio software, que adota o tipo de céu uniforme e encoberto. Em segundo lugar, ocorre devido à predominância da iluminação artificial, com pouca interferência externa da iluminação natural, como foi descrito anteriormente.

AMB. REFERÊNCIA: DESEMBARQUE



AMB. REFERENCIA: SAGUAO



AMB. REFERÊNCIA: EMBARQUE

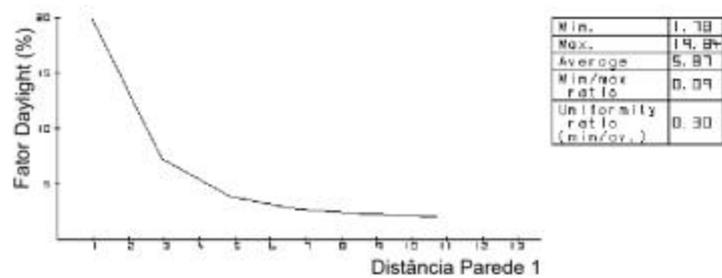
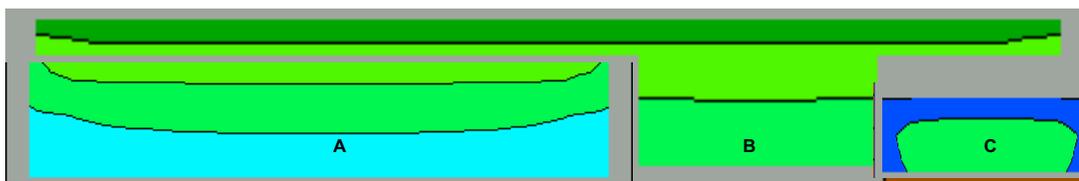


Figura 91 - ASG – Embarque: gráficos do FLD e dados de uniformidade obtidas em simulação com o software Daylight.

TERRAÇO PANORÂMICO – SIMULAÇÕES



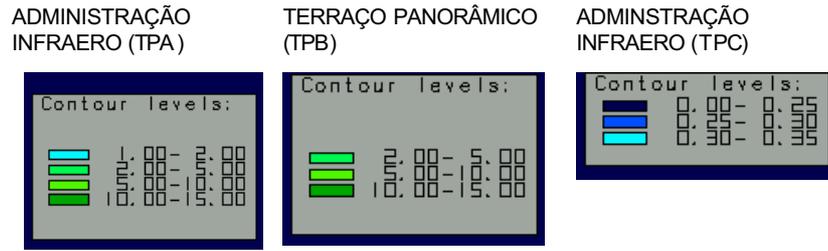


Figura 92 - ASG - Terraço panorâmico: simulações e curvas isolux obtidas pelo Daylight

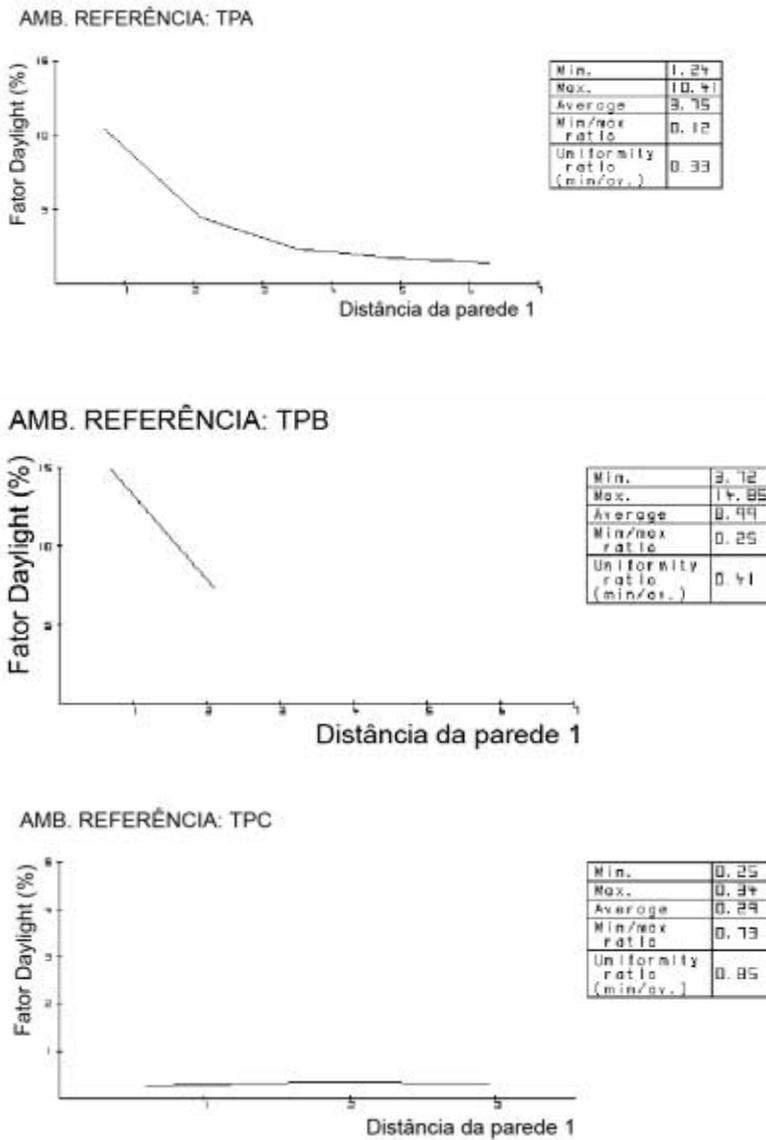


Figura 93 - ASG – Terraço Panorâmico: gráficos do FLD e dados de uniformidade obtidas em simulação com o software Daylight.

c) Nas medições *in loco* do nível de iluminâncias

No ASG as medições foram feitas na Praça de Alimentação, na Sala de Embarque e no Terraço Panorâmico de acordo com a metodologia descrita no capítulo 4. As imagens, gráficos e tabelas trazem os resultados obtidos, que serão discutidos e comparados com os dados obtidos no Aeroporto de Brasília – AIB.

ASG

ILUMINÂNCIAS INTERNAS

AMBIENTE No 1 - PRAÇA DE ALIMENTAÇÃO

DATA DA MEDIÇÃO: 10/08/2006

ORIENTAÇÃO DAS ABERTURAS: SUDOESTE - com grande marquise externa



Figura 94 - ASG – localização das áreas onde foram realizadas as medições de iluminâncias no pavimento térreo: Praça de Alimentação e Sala de Embarque. (Fonte: adaptado de ASG, 2006)

AEROPORTO DE GOIÂNIA – MEDIÇÃO DOS NÍVEIS DE ILUMINÂNCIAS

DATA DA MEDIÇÃO: 10/08/2006

LOCAL DA MEDIÇÃO INTERNA : PRAÇA DE ALIMENTAÇÃO

LOCAL DA MEDIÇÃO EXTERNA : PÁTIO DE ESTACIONAMENTO

ASG – Praça de Alimentação	
1a medição - início: início: 09:53h - término: 10:05h	céu claro com névoa seca
Iluminâncias Internas	Iluminâncias Externas
<p>AIG - praça de alimentação - 1a medição</p>	<p>AIG - iluminâncias externas - 1a medição (A)</p>

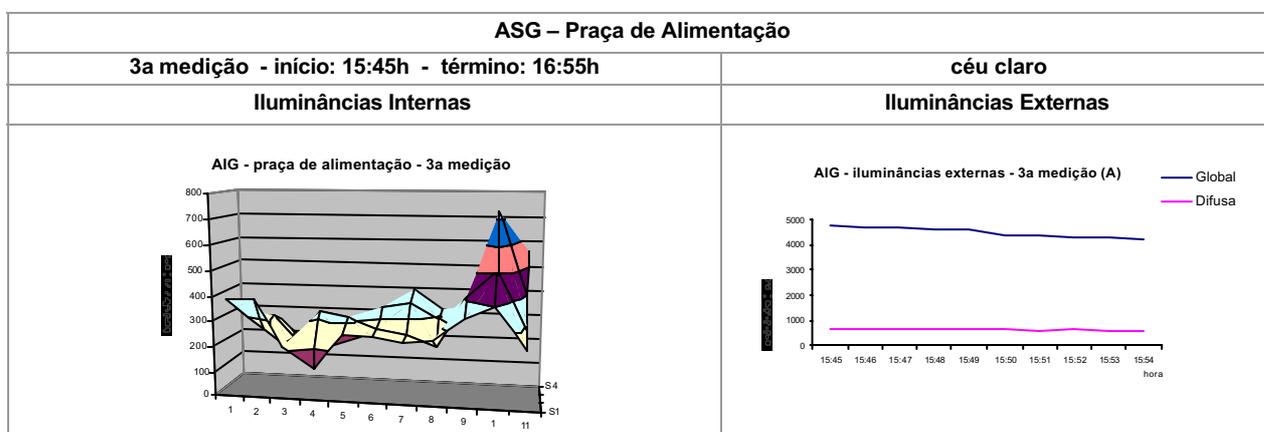
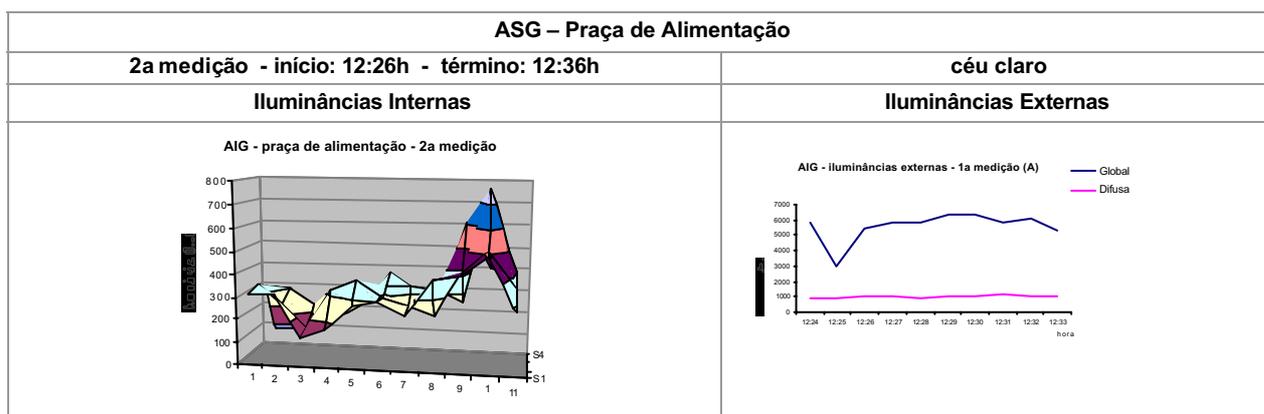


Figura 95 - ASG - Praça de alimentação: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas nas medições realizadas .

Tabela 17 - Tabela de Iluminâncias e uniformidade obtidas com as medições no ASG – Praça de Alimentação

ASG - PRAÇA DE ALIMENTAÇÃO : ILUMINÂNCIAS E UNIFORMIDADE				
1ª MEDIÇÃO	Emín= 105	Emáx= 753	Eméd= 481.50	Uo= 0,22
2ª MEDIÇÃO	Emín= 69	Emáx= 770	Eméd= 454	Uo= 0,15
3ª MEDIÇÃO	Emín= 126	Emáx= 725	Eméd= 488	Uo= 0,26
Média das medições	Emín= 100	Emáx= 749.33	Eméd= 474.50	Uo= 0,21

Fonte: (medições *in loco*)

Os dados obtidos indicam que a uniformidade média (U_o) está abaixo do recomendado pela CIE, que deve ser superior a 0,8.

AMBIENTE No 2

AEROPORTO DE GOIÂNIA - SALA DE EMBARQUE

DATA DA MEDIÇÃO: 10/08/2006

LOCAL DA MEDIÇÃO INTERNA : SALA DE EMBARQUE

LOCAL DA MEDIÇÃO EXTERNA : PÁTIO DE ESTACIONAMENTO

ORIENTAÇÃO DAS ABERTURAS: NORDESTE – pele de vidro piso-teto

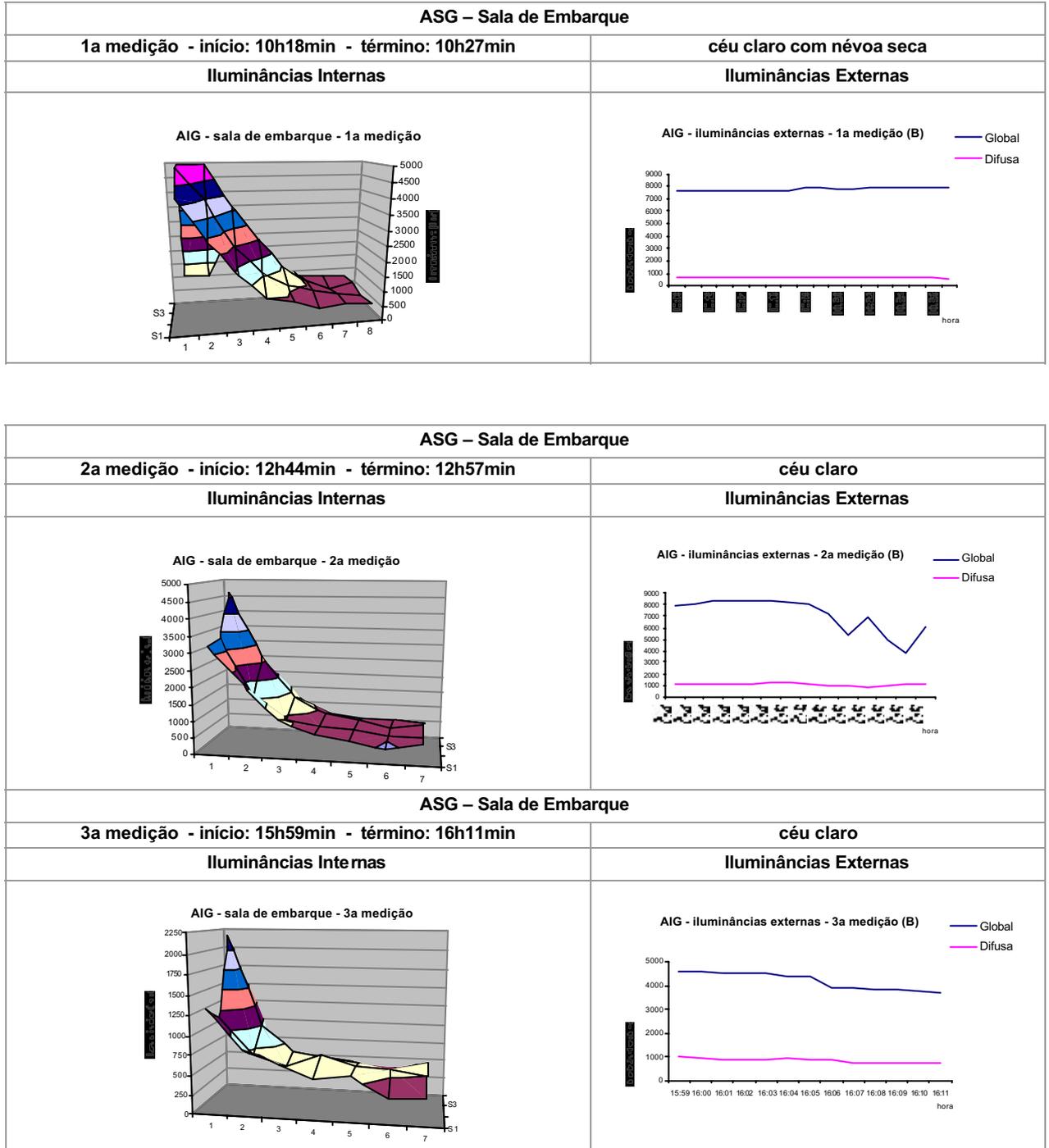


Figura 96 -ASG – Sala de Embarque: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas nas medições realizadas .

Tabela 18 - Tabela de Iluminâncias e uniformidade obtidas com as medições no ASG – Sala de Embarque

ASG – SALA DE EMBARQUE: ILUMINÂNCIAS E UNIFORMIDADE				
1ª MEDIÇÃO	Emín= 548	Emáx= 4990	Eméd= 3043	Uo= 0,18
2ª MEDIÇÃO	Emín= 418	Emáx= 4630	Eméd= 2733	Uo= 0,15
3ª MEDIÇÃO	Emín= 297	Emáx= 2190	Eméd= 1392	Uo= 0,21
Média das medições	Emín= 421	Emáx= 3936.70	Eméd= 1925.3	Uo= 0,18

Fonte: (medições *in loco*)

Os dados obtidos também indicam que a uniformidade média (U_o) está abaixo do recomendado pela CIE, que deve ser superior a 0,8.

AMBIENTE No 3 – TERRAÇO PANORÂMICO

DATA DA MEDIÇÃO: 10/08/2006

ORIENTAÇÃO DAS ABERTURAS: NORDES TE – esquadrias de vidro fixo com báscula superior

Possui grande superfície envidraçada com peitoril acima de uma marquise com superfície clara e forro de PVC na cor branca

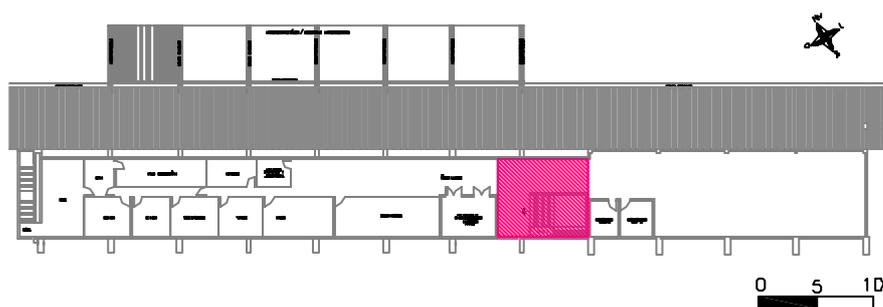
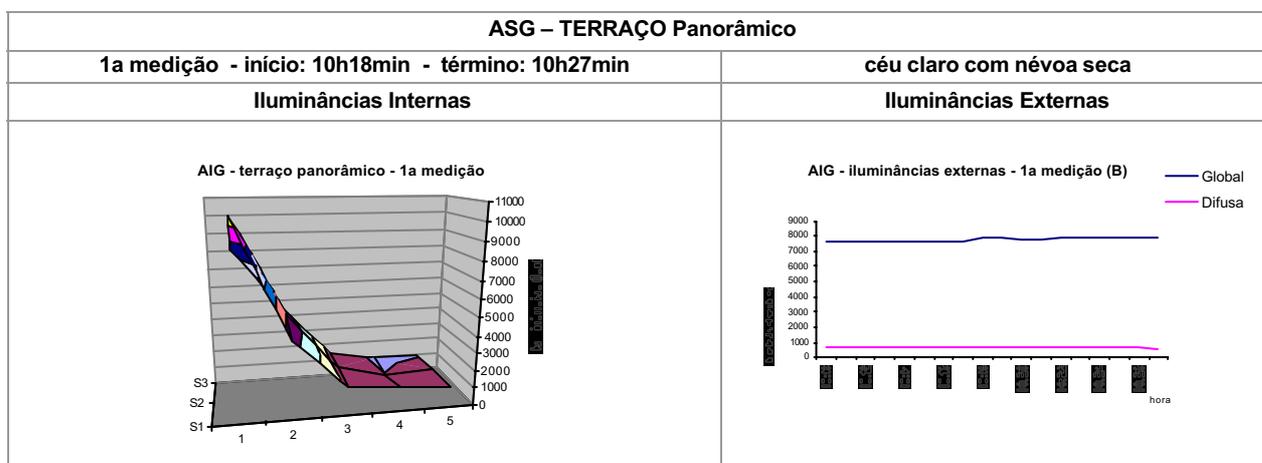


Figura 97 - ASG – Planta do pavimento superior indicando o local das medições de iluminância no Terraço Panorâmico (Adaptado de ASG, 2006)

LOCAL DA MEDIÇÃO EXTERNA : PÁTIO DE ESTACIONAMENTO



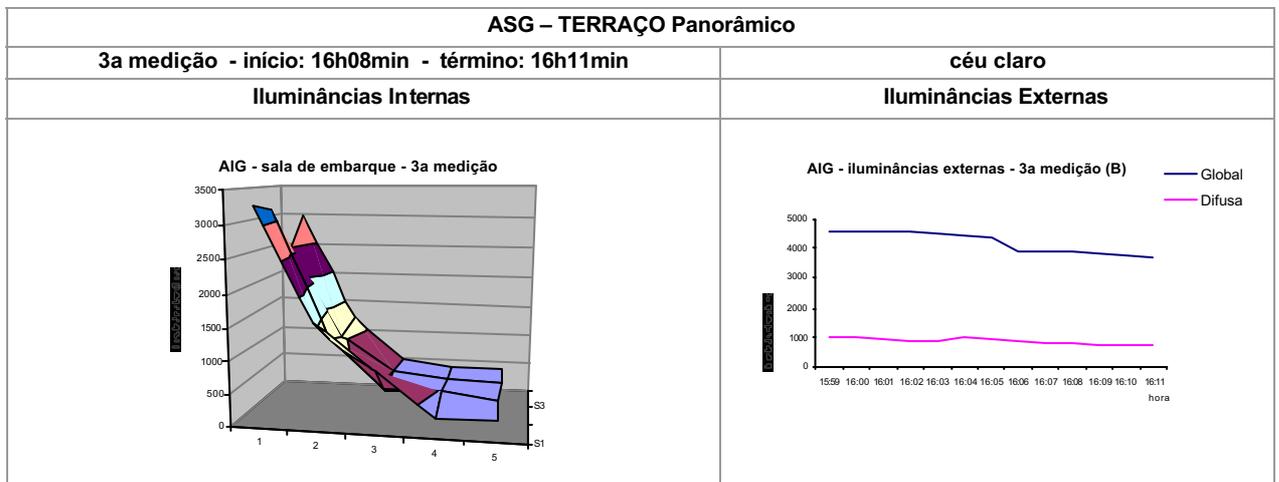
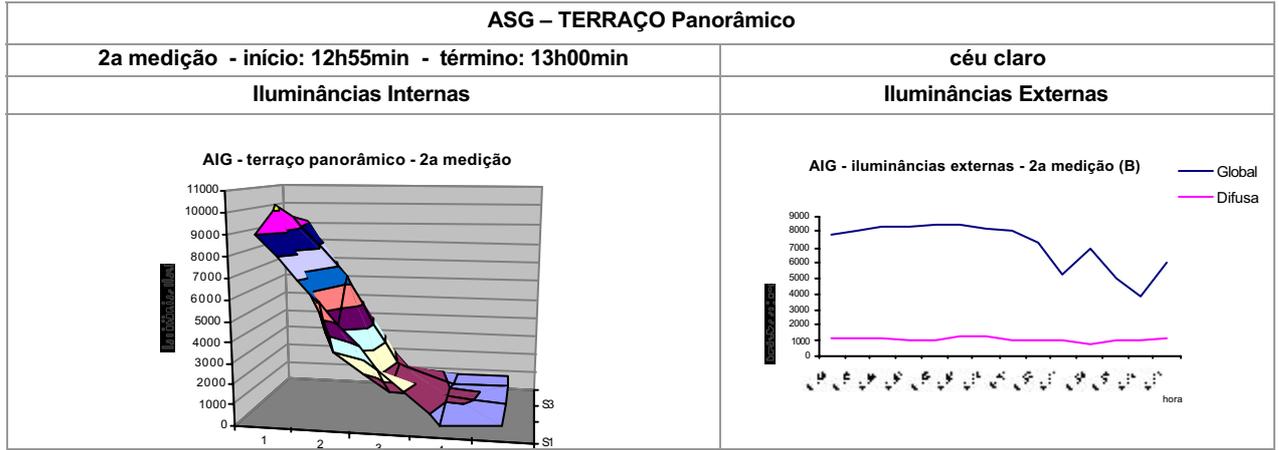


Figura 98 -ASG – Terraço Panorâmico: gráficos dos níveis de iluminâncias internas e externas obtidas nas medições realizadas .

Tabela 19 - Tabela de Iluminâncias e Uniformidade obtidos com as medições no ASG – Terraço Panorâmico

ASG – TERRAÇO PANORÂMICO: ILUMINÂNCIAS E UNIFORMIDADE				
1ª MEDIÇÃO	Emín= 896	Emáx= 10510	Eméd= 6151	Uo= 0,14
2ª MEDIÇÃO	Emín= 564	Emáx= 10220	Eméd= 5674	Uo= 0,09
3ª MEDIÇÃO	Emín= 311	Emáx= 3290	Eméd= 1956	Uo= 0,16
Média das medições	Emín= 590.30	Emáx= 8006.70	Eméd= 4593.7	Uo= 0,13

Fonte: (medições *in loco*)

d) Na percepção dos usuários

Em geral o grau de satisfação dos usuários do Terminal de Passageiros do Aeroporto Santa Genoveva quanto à iluminação natural do local é baixo. Os usuários que atribuíram bom nível de iluminação se encontravam na Praça de Alimentação, local em que a incidência de luz natural é um pouco maior que no saguão e a associação com a iluminação artificial nos espaços comerciais proporciona melhores condições de iluminação.



Figura 99 - A Praça de alimentação do ASG explora muito a luz natural, o que é sentido pelos usuários e motivo de desconforto (Foto da autora, 2006)

Certos usuários chegaram a dizer que o local em que a luz natural é melhor no terminal é do lado de fora. O comportamento dos usuários reflete o que a arquitetura define para o espaço. O terminal, com exceção do terraço panorâmico e das salas de embarque e desembarque, que possuem grande incidência de luz natural devido às grandes superfícies envidraçadas, praticamente não utiliza a luz natural disponível, o que é evidenciado pelas entrevistas com os usuários, que reconhecem a importância da utilização da luz natural.



Figura 100 - Mesmo quando utilizada pela manhã a sala de embarque utiliza a iluminação artificial (Foto da autora, 2006).

Usuários que utilizam os espaços tanto durante o dia quanto à noite, afirmam que a luz natural é mais agradável, ajuda a realizar as atividades e, embora sendo pouco utilizada em alguns ambientes, é mais satisfatória.

A grande maioria dos entrevistados afirmou ser necessária a complementação com luz artificial em todas as áreas onde foram aplicados os questionários: o terraço panorâmico, a praça de alimentação e o saguão.

Os locais mais agradáveis quanto à iluminação do ponto de vista dos usuários foram a praça de alimentação e o saguão na área próxima ao desembarque, exatamente nos pontos aonde há um pouco mais de incidência de luz natural.



Figura 101 - Saguão, próximo ao desembarque. A presença da porta de vidro deixa entrar um pouco de luz natural e acaba se tornando um dos locais que os usuários percebem como mais agradáveis

e) No consumo de energia

Segundo dados da equipe de manutenção do Aeroporto, a iluminação representa aproximadamente 60% do consumo de energia, porém cerca de 30% deste valor é consumido pela iluminação das áreas externas. A iluminação artificial é utilizada durante todo o período de funcionamento do Terminal. Aproximadamente 30% do consumo de energia é do sistema de ar condicionado, que utiliza *chiller* e *fancoil*, e não é automatizado. A área climatizada do Terminal é de 4.513,00 m². A climatização fica ligada entre 07h e 20h, dependendo da temperatura registrada no dia.

A Tabela 20 apresenta os dados de consumo de energia do Aeroporto Santa Genoveva no período de 2001 a 2005.

Tabela 20 - Consumo de energia no terminal do ASG

Consumo de energia TPS SBGO (kWh)					
	2001	2002	2003	2004	2005
janeiro	106.560	75.600	158.400	192.585	146.247
fevereiro	99.360	92.400	136.085	150.980	173.112
março	136.320	87.600	148.809	156.270	179.442
abril	113.280	81.200	180.414	162.411	177.960
maio	112.320	72.000	139.217	149.140	131.600
junho	85.920	91.200	130.179	143.986	140.085
julho	71.520	150.000	160.122	137.942	126.709
agosto	67.680	128.400	139.661	136.661	166.912
setembro	76.800	136.800	160.122	163.633	188.063
outubro	76.800	166.800	173.987	166.070	171.851
novembro	31.200	144.000	191.837	186.496	166.243
dezembro	72.000	129.600	153.253	184.896	166.243
cons. anual	1.049.760	1.355.600	1.872.086	1.931.070	1.934.467

obs: contratação de tarifa horo-sazonal (tarifa azul) a partir de jun/03

Fonte: Infraero/GO (2006)

- O consumo médio anual de 2002 a 2005: 1.859.197 kWh
- Área do Terminal de Passageiros: 6.500,00 m²
- Consumo médio anual: 286,16 kWh/m²

O consumo de energia médio anual do ASG, de 286,16 kWh/m², está 25,78% acima dos valores apresentados na Tabela 2 (pág. 92) - 227,50 kWh/m². E ainda, quando comparado ao consumo verificado no Aeroporto de Brasília, verifica-se um consumo 254,66% superior ao que é consumido naquele terminal, ou seja, com menor eficiência energética.

6.3. DISCUSSÃO

6.3.1 A iluminação natural na Matriz de Relacionamentos

Os resultados encontrados na aplicação da Matriz de Relacionamentos demonstram numericamente a influência da iluminação natural no desempenho ambiental da edificação, no conforto dos usuários e na eficiência energética das edificações aeroportuárias.

Fazer o acompanhamento dos Elementos da Edificação e Indicadores Ambientais mais relevantes revela que a consideração destes itens pode contribuir positivamente para o

desempenho ambiental destas edificações. Este conhecimento abre caminho para que se realizem etapas subseqüentes de medições e avaliações do desempenho destes componentes da Matriz, que possam subsidiar ações que venham melhorar o seu desempenho em relação ao meio ambiente. Tanto que os Elementos da Edificação de maior destaque foram utilizados como parâmetros para a análise dos projetos dos estudos de caso apresentados no capítulo 6.

Vale lembrar que todos os Elementos da Edificação de maior destaque no preenchimento da Matriz de Relacionamentos exercem maior ou menor influência sobre o desempenho ambiental de uma edificação a partir de decisões preliminares de projeto, o que aumenta a responsabilidade dos projetistas no momento de concepção de um partido atente para o compromisso da qualidade ambiental. Da mesma forma o uso adequado da iluminação natural, quanto mais precocemente fizer parte do projeto arquitetônico, mais se poderá usufruir deste recurso com eficiência.

Quando se verifica o atual panorama de crescimento do transporte aéreo somado às características complexas de um aeroporto, reforça-se a necessidade de se utilizar instrumentos de acompanhamento como a Matriz de Relacionamentos, a fim de orientar ações, cujos reflexos poderão refletir no impacto do ambiente construído, na saúde e conforto dos usuários destes espaços, e mesmo nos seus custos operacionais, para citar o exemplo da eficiência energética.

6.3.2 A iluminação natural nos aeroportos estudados

As aparentes semelhanças entre as duas cidades, como a sua proximidade, a época em que foram inaugurados os terminais aeroportuários, e mesmo as sucessivas reformas por que passaram os dois terminais, logo demonstram-se pequenas, tendo em vista as configurações que foram tomando ao longo do tempo e até mesmo às características das duas cidades. Brasília é a capital do país, seu aeroporto tem papel estratégico tanto pela função política da cidade como capital, quanto pela posição geográfica central, o que requer um porte e caracterização diferente do exigido para a cidade de Goiânia.

A seguir é apresentado um quadro comparativo contendo as principais características e semelhanças entre os dois terminais aeroportuários estudados, tendo em vista os parâmetros do capítulo 2 e alguns dados obtidos no capítulo 6.

	AIB	ASG
Inauguração	Década de 50	Década de 50
Destino dos vôos	Aeroporto Internacional/ Hub	Aeroporto Doméstico
Tipologia	Terminal múltiplo (linear + satélite)	Terminal linear
Embarque/ desembarque	sobrepostos	Lado a lado
Número de pavimentos	5 pavimentos	2 pavimentos
Capacidade (pax/ano)	7,4 milhões	600 mil
Movimento (pax/ano)	9,6 milhões (2006)	1,2 milhões (2005)
Clima	Tropical de altitude	Tropical de altitude
Latitude	15° 52'Sul	16° 41'Sul
Altitude	1060m	730m

Quadro 4 – Quadro comparativo entre as características dos aeroportos estudados como estudos de caso: AIB e ASG.

Fonte: Infraero (2006); FROTA; SCHIFFER (1995); CUADRA, (2002).

a) QUANTO AO NÍVEL DE ILUMINAÇÃO

Os estudos realizados nos dois terminais aeroportuários mostraram dois terminais demonstraram que utilizam a iluminação natural de formas distintas: no Aeroporto de Goiânia (ASG), utiliza-se apenas a iluminação lateral, que ainda assim fica restrita a alguns ambientes e não é explorada de forma a alcançar maior profundidade dentro da edificação. Em muitos casos, por exigências de privacidade ou segurança, a iluminação natural é eliminada ou reduzida pelo uso de películas opacas ou translúcidas nos vidros. Com isto é necessário o uso da iluminação artificial durante todo o período de funcionamento do aeroporto. No Aeroporto de Brasília (AIB) utiliza-se um conjunto de estratégias de uso da luz natural, incluindo diferentes elementos de captação de luz zenital, iluminação lateral, elementos de condução da iluminação para os ambientes internos que favorecem a ambiência e a qualidade do ambiente construído com relação ao conforto luminoso dos espaços do terminal aeroportuário. Estes recursos permitem fazer uma associação mais eficiente com a iluminação artificial e melhorar a eficiência energética das edificações.

Um dos êxitos alcançados com o uso da luz natural do terraço panorâmico do AIB atende à solução de projeto recomendada pela IEA (2000), de levar a luz natural à maior profundidade possível dentro dos ambientes. Foi também tirado partido do uso das cores, das luminâncias dos materiais e da forma arquitetônica, o que resultou num jogo de luz e sombra satisfatório para os parâmetros sugeridos por Corbella e Yannas (2003). Ainda

assim é recomendável se fazer um estudo de setorização das atividades em função do posicionamento com relação às fontes de luz natural, como nos quiosques de serviços no térreo e no *check-in*, lojas de maquiagem, que geraram reclamações por parte dos vendedores.

Quanto aos níveis de iluminância recomendados pela ABNT NBR 5413 (1992) para a realização das diferentes tarefas inerentes à gama de atividades realizadas num aeroporto, ambos atendem ao mínimo recomendado pela ABNT NBR 5413 (1992), porém os resultados obtidos demonstram que no AIB os níveis obtidos estão bem superiores ao recomendado pela norma e, no caso do ASG, encontram-se dentro dos parâmetros estabelecidos. Esta diferença entre os dois aeroportos ocorre devido ao fato de que esta norma considera apenas a iluminação artificial, o que é compatível com o ASG em função da predominância quase total da iluminação artificial nos seus ambientes. Os Quadros abaixo demonstram alguns valores recomendados pela ABNT NBR 5413 para a iluminância de interiores em ambientes compatíveis com os existentes em aeroportos, bem como os resultados de iluminância obtidos nas medições *in loco* nos terminais estudados, que permitem verificar a comparação acima.

RECOMENDAÇÕES ABNT NBR 5413 (1992)	
Hotéis e restaurantes	100 a 300 lux
Salas de refeições de estações de transporte	100 a 200 lux
Interior de centros comerciais	300 a 750 lux
Lojas em geral	750 a 1500 lux

Quadro 5 – Níveis de iluminâncias para ambientes internos recomendados pela ABNT NBR 5413 (1992)

Fonte: ABNT NBR 5413 (1992)

ILUMINÂNCIAS MÉDIAS (medições <i>in loco</i>)	AIB	ASG
1a medição	3021 lux	429 lux
2a medição	2146 lux	419 lux
3a medição	700 lux	425 lux

Quadro 6 – Níveis de iluminâncias obtidos nas medições *in loco* realizadas nos dois terminais aeroportuários estudados

Nos aspectos de projeto analisados neste trabalho, verifica-se o no piso de embarque do AIB o bom aproveitamento da luz natural com o uso de iluminação zenital e iluminação indireta através do terraço panorâmico, que utiliza grandes superfícies transparentes, possibilitando que a iluminação artificial da parte comum seja acesa apenas no final do dia, ficando o dia todo apenas nas lojas. No caso dos clerestórios utilizados na cobertura do terraço panorâmico, de acordo com Vianna e Gonçalves (2001), a eficiência luminotécnica depende das relações de proporção entre o espaçamento dos elementos zenitais e o pé-direito, bem como da orientação das áreas iluminantes. Estas áreas no AIB estão voltadas para leste e oeste. No caso do Brasil recomenda-se a orientação Norte-Sul, observando-se ainda o controle da insolação para a face norte. Nestes casos, um estudo adequado pode otimizar a utilização dos elementos de iluminação.

Outra observação sobre a avaliação do nível de iluminação nos dois terminais diz respeito à uniformidade, que pôde ser observada tanto na análise dos projetos, nas medições e simulações. Segundo Vianna e Gonçalves (2001), a iluminação zenital proporciona maior uniformidade na distribuição da luz em relação à luz lateral e é adequada para espaços de grandes dimensões, o que se confirma na cobertura do pavimento térreo do AIB, que além da extensão possui pé-direito elevado. Por outro lado, a desuniformidade nem sempre é prejudicial ao espaço, dependendo das atividades exercidas nos espaços (VIANNA; GONÇALVES, 2001), o que foi verificado na opinião dos usuários relatada no capítulo 6. Ainda segundo os mesmos autores, a iluminação zenital é recomendada para enriquecer a qualidade ambiental de espaços semi ou inteiramente enterrados, o que também é verificado no subsolo do AIB.

O quadro abaixo faz uma comparação entre os valores de uniformidade média (U_0) obtidos nos dois aeroportos nas simulações e nas medições in loco, de onde se conclui que a uniformidade no ASG atende às recomendações da CIE em função da uniformidade proporcionada pelo uso da iluminação artificial, que predomina naquele terminal e dos parâmetros de luminosidade de céu encoberto adotados pela simulação. O que se deve considerar é que, comparando-se os dois estudos de caso, ficou comprovado que a uniformidade da iluminação não está necessariamente associada ao melhor conforto luminoso do ambiente, considerando-se o ambiente e as tarefas nele realizadas. No ASG, o fato de não priorizar o uso da iluminação natural no terminal implicou em maior uniformidade na iluminação, porém com implicações no consumo de energia, na ambiência local e no conforto percebido pelos usuários, que em sua maioria gostaria de manter o contato visual com o meio externo e o conforto luminoso proporcionado pela luz natural.

UNIFORMIDADE - MEDIÇÕES X SIMULAÇÕES					
	ORIENTAÇÃO	Uo Daylight (5000 lux)	Uo (Medições)		
			1a medição 09h	2a medição 12h	3a medição 15h
AIB	Leste-oeste	0,22	0,10 Céu claro	0,09 Parc nublado	0,14 Céu claro
ASG	Nordeste-Sudoeste	0,95	0,24 Claro-névoa seca	0,16 Céu claro	0,30 Céu claro

Quadro 7 – Quadro comparativo entre a uniformidade dos dois terminais estudados considerando-se as medições in loco e as simulações computacionais

As simulações da distribuição luminosa no AIB permitiram constatar que há uniformidade no interior do ambiente e que a luz natural que penetra é suficiente para que a iluminação artificial seja acionada somente a partir da 17h30min, gerando redução no consumo de energia. O resultado dos gráficos de simulação realizado no software Daylight revela boas condições de iluminação no terraço panorâmico. Assim a insolação da fachada leste não chega a causar problemas para o exercício das atividades no local, pois o expediente se inicia às 10h da manhã. A partir das 11h o sol já não incomoda nesta fachada. Deve-se considerar ainda que o layout do local é recuado, ficando grande parte livre, funcionando apenas como mirante para o pátio das aeronaves.

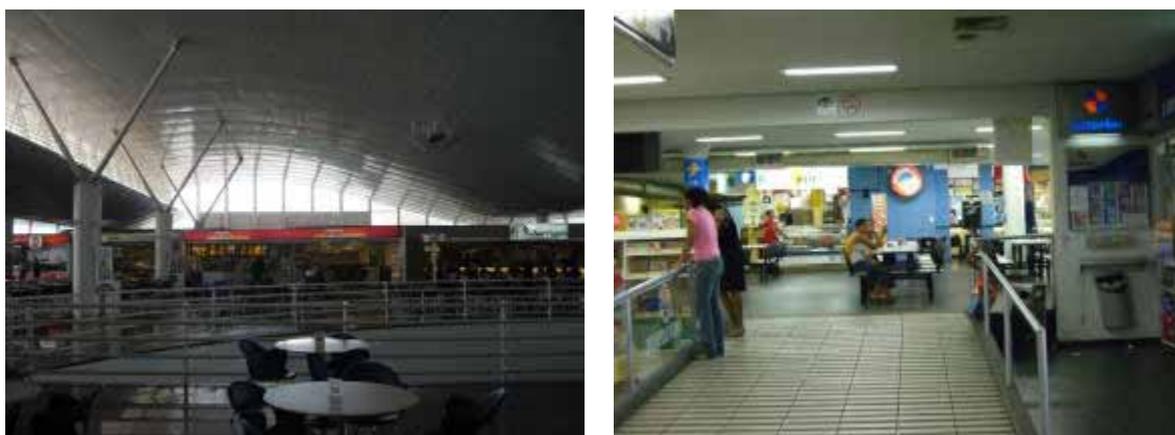


Figura 102 - À esquerda a praça de alimentação do AIB, e à direita, a praça de alimentação do ASG. A presença da luz natural no caso do AIB é fator de conforto visual, melhor ambiência e redução do consumo de energia.

Deve-se considerar também que as implicações relacionadas ao uso da luz natural vão além das questões relativas à iluminação natural ou eficiência energética (BELL; BURT,

1995, ver Capítulo 4), o que pode ser observado no AIB nas esquadrias do terraço panorâmico, cujas aberturas voltadas para o lado ar causam desconforto decorrente do ruído das aeronaves e prejuízo da qualidade do ar em função dos gases emitidos pelas mesmas. O fato do projeto do AIB adotar um partido arquitetônico que explora a iluminação natural de diversas maneiras faz com que iluminação seja um elemento determinante para o conforto visual dos usuários e a ambiência lumínica e higrotérmica do local.

Ainda que hoje os grandes projetos de aeroportos tenham preocupação com as questões ambientais e de conforto, e ainda em investir na tecnologia das construções, deve-se ressaltar que ainda há muito que se planejar para alcançar um bom desempenho destas edificações, principalmente porque elas se associam muitas vezes a problemas não somente de conforto luminoso, mas também de conforto acústico e térmico, além dos problemas específicos relacionados aos transportes e às atividades aeroportuárias.

b) QUANTO AO CONFORTO VISUAL PERCEBIDO PELO USUÁRIO

O resultado dos questionários aplicados nos dois aeroportos apontou com clareza a influência da luz natural nos ambientes e o reconhecimento desta percepção pelos usuários. Os ambientes mais agradáveis, na opinião dos usuários do AIB, são aqueles que recebem maior incidência da luz natural: o terraço panorâmico no último pavimento e o saguão de desembarque no pavimento térreo, cuja ambientação utiliza o conceito de praça coberta com a utilização de iluminação zenital.

No Aeroporto de Goiânia - ASG, ao contrário, o que se percebe é praticamente a desconsideração deste recurso, já que são poucos os ambientes que aproveitam a luz natural. A grande marquise que fez parte da última ampliação do terminal, que poderia ter explorado recursos de iluminação artificial, não o faz, deixando o saguão praticamente todo iluminado apenas com o recurso da luz artificial. No entanto, são tão poucos os espaços que ainda conseguem receber um pouco da luz do dia que, curiosamente, são estes, ainda que recebendo a luz indireta, que os usuários se lembram na hora de eleger seu local preferido, que é o saguão dos passageiros, próximo às portas de vidro.

No AIB o ofuscamento provocado pela utilização dos materiais transparentes na fachada oeste gera opiniões diversas dos usuários: é agradável para quem está no terraço panorâmico, mesmo trabalhando, pois as tarefas realizadas exigem menor acuidade visual e os usuários são em maioria passageiros ou acompanhantes em momento de espera; e causa desconforto para quem trabalha utilizando computadores nos guichês de atendimento

no pavimento térreo e no mezanino, devido às exigências de iluminação necessárias para estas tarefas.

As respostas obtidas dos usuários dos terminais aeroportuários estudados ratificam as considerações da IEA (2000) – ver página 112 – de que o ambiente iluminado pela luz natural evoca uma resposta emocional que afeta o humor e o comportamento social dos seus ocupantes.

No AIB utilização da iluminação natural propicia a percepção das variações do tempo, das horas do dia e o descanso da visão, o que, segundo Bell e Burt (1995), é recomendável como elemento determinante da qualidade do ambiente e no humor e comportamento social dos usuários (IEA, 2000) - ver também o item transparências no capítulo 4. As figuras 103 a 110 ilustram algumas das opiniões dos usuários.

Em ambos os aeroportos predominam as opiniões de que a luz natural é mais agradável e que os usuários preferem utilizar os terminais durante o dia (ver Figuras 103 e 104). Apenas aqueles que trabalham em locais que apresentam problemas de ofuscamento consideraram a luz natural incômoda.

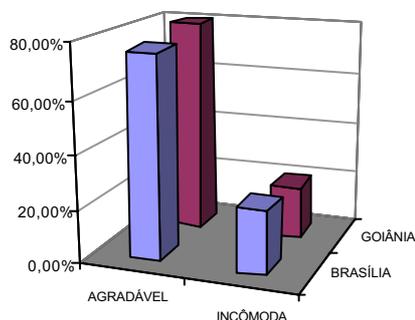


Figura 103 - Opinião dos usuários sobre a luz natural, se agradável ou incômoda

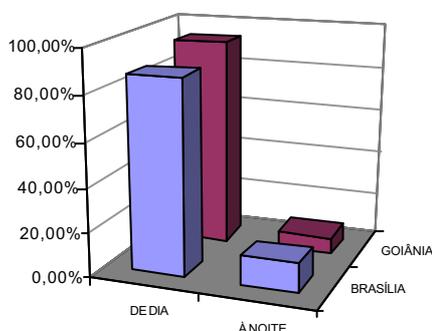


Figura 104 - Opinião dos usuários sobre o período do dia em que se tem mais conforto visual no terminal

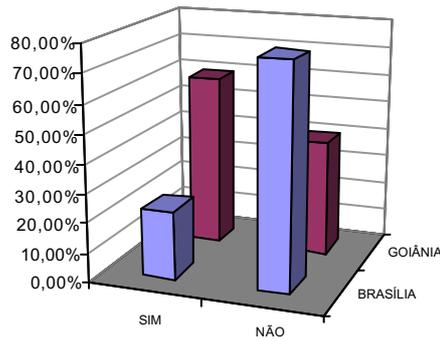


Figura 105 - Percepção de reflexos incômodos na opinião dos usuários dos aeroportos estudados

Quanto ao tamanho das aberturas existentes, em Brasília (AIB) percebe-se maior satisfação do que em Goiânia (ASG). Porém, para a maioria dos usuários, as aberturas poderiam ser ainda maiores. Estas respostas, porém, dependem do local em que se encontra o entrevistado. A Figura 107 indica os principais elementos que barram a entrada da luz natural identificados pelos usuários.

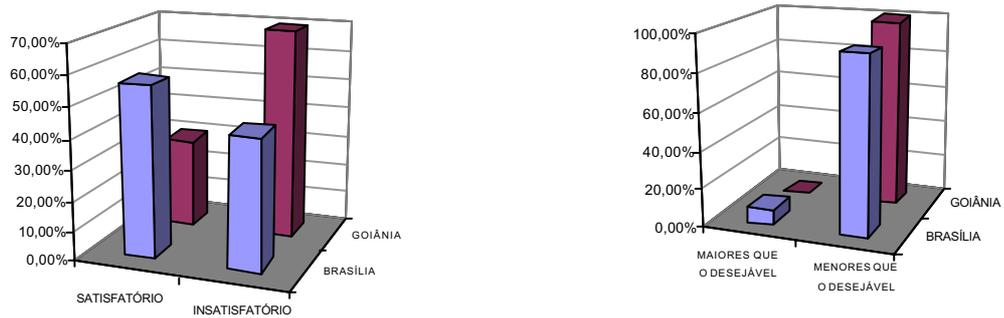


Figura 106 - Opinião dos usuários sobre o tamanho das aberturas para entrada de luz natural

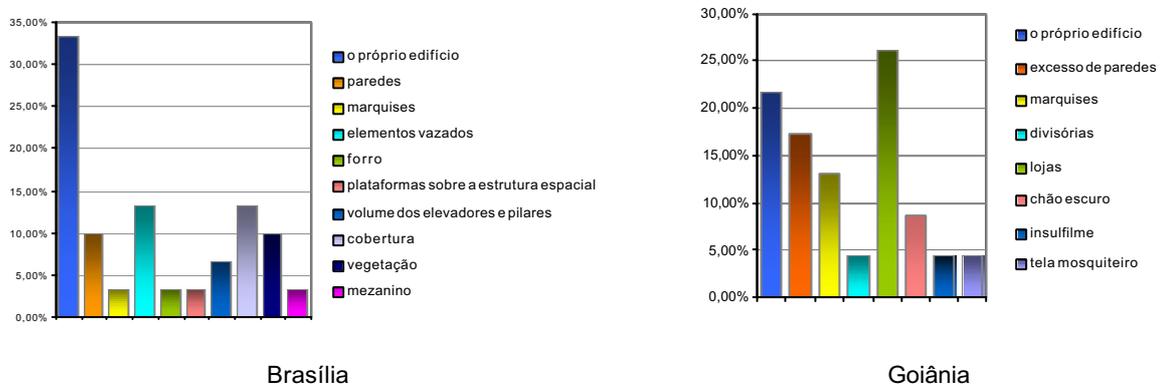


Figura 107 - Elementos que barram a luz do sol, percebidos pelos usuários em Brasília e Goiânia

A percepção da luz natural quanto à dificuldade em realizar algum tipo de tarefa também é algo que depende em grande parte do local onde se encontra o usuário e qual atividade está realizando. Neste caso as maiores reclamações foram apontadas principalmente pelos usuários que trabalham nos terminais, sendo que algumas das reivindicações poderiam ser sanadas com um estudo de readequação de layout ou com a utilização de dispositivos de redirecionamento ou de controle da entrada de luz para estes locais. Algumas destas dificuldades levam à necessidade da associação da luz natural com a luz artificial (ver Figura 109), muitas vezes durante todo o dia, como é o caso do ASG, em que a luz natural não consegue alcançar com eficiência a grande parte dos ambientes.

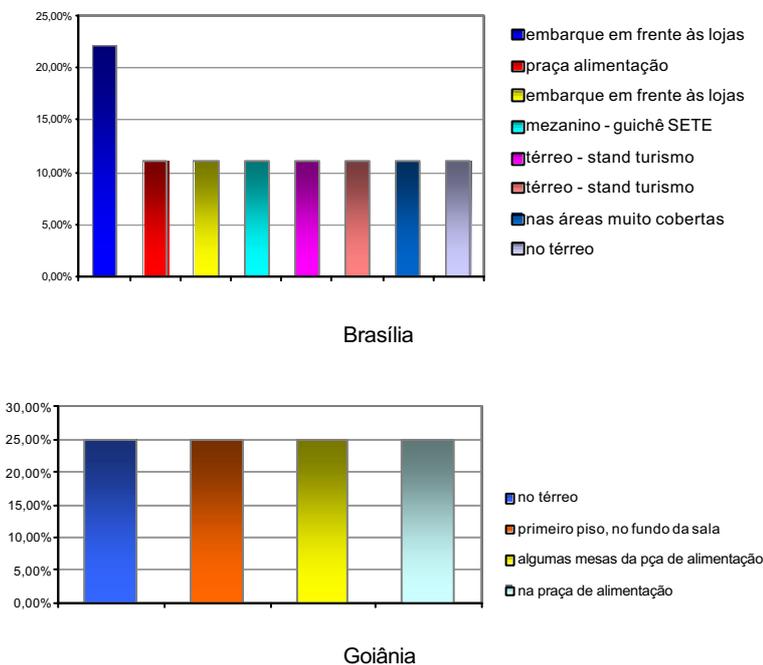


Figura 108 - Locais em que os usuários identificaram dificuldade em realizar algum tipo de tarefa visual

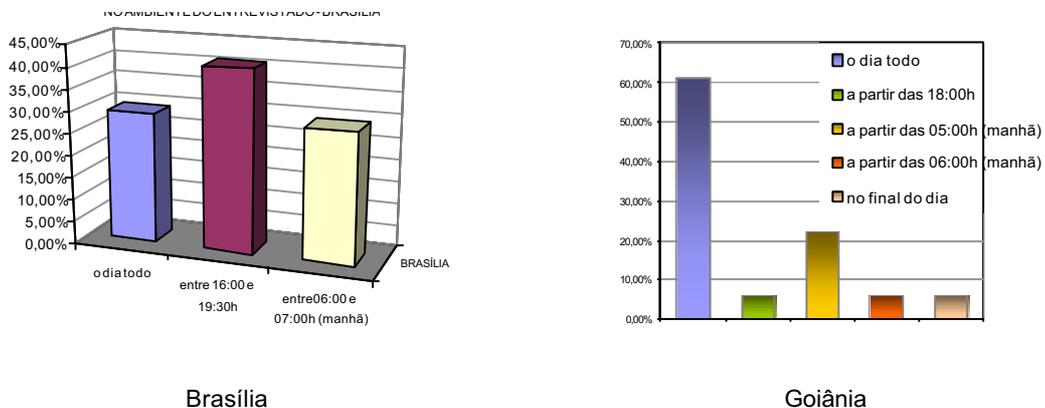


Figura 109 - Período a partir do qual o usuário percebe a necessidade do uso da luz artificial no terminal

O que se percebe quanto à percepção da luz natural pelos usuários é que a luz natural favorece a sensação de conforto nos ambientes, o que pode ser verificado principalmente no AIB. O fato do ASG não possuir espaços em que a luz natural favoreça a ambiência e o conforto, torna as opiniões dos usuários mais divididas quanto a um local mais agradável com a presença da luz.

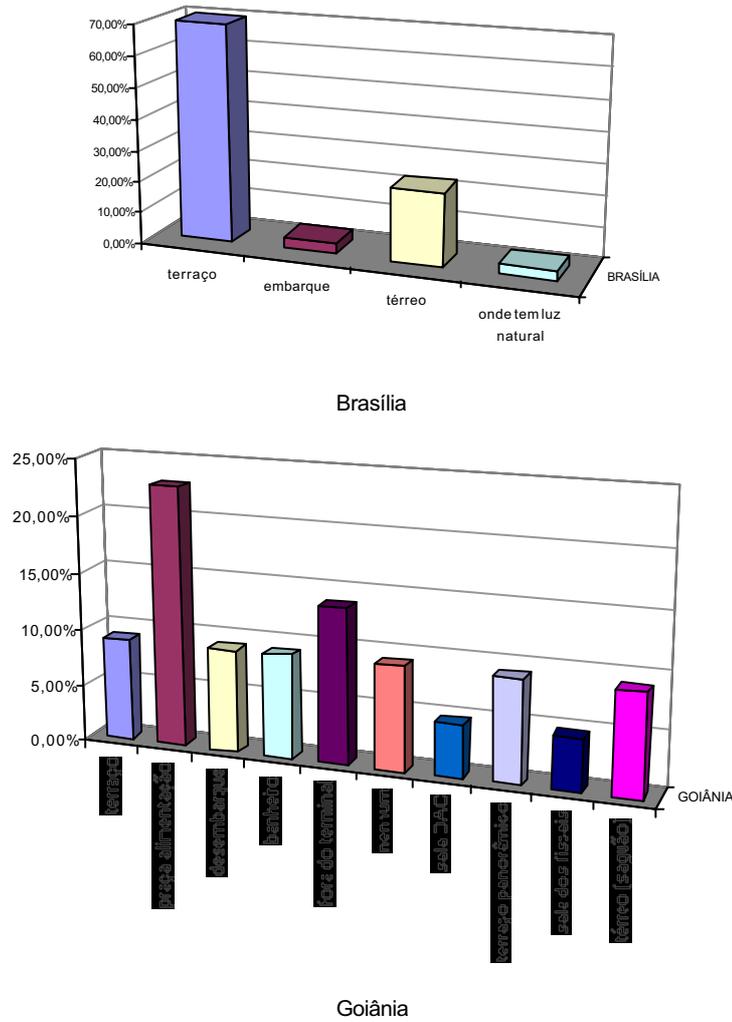


Figura 110 - Locais identificados como mais agradáveis quanto à iluminação, na opinião dos usuários

Os apêndices D e E apresentam os resultados integrais da opinião dos usuários dos dois terminais analisados, tabulados por pergunta e pelas características dos usuários, respectivamente, a fim de possibilitar melhor compreensão das opiniões.

c) QUANTO À EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Em Brasília, os dados levantados considerando a área edificada, apontam para um consumo médio anual de aproximadamente 112,37 kWh/m², sendo 60% para ar

condicionado e 30% para iluminação. Em Goiânia, estes valores chegam a 286,16kWh/m²/ano, sendo aproximadamente 30% para ar condicionado e 60% para iluminação e 10% para outros equipamentos.

O resultado mais satisfatório do consumo energético, o Aeroporto de Brasília em relação ao de Goiânia comprova o papel da iluminação natural no consumo de energia da edificação. No aeroporto de Brasília explora-se a luz natural de forma positiva, com a adoção de estratégias variadas para seu aproveitamento e conseqüente redução do consumo energético. Mesmo nos projetos de ampliações, freqüentes em terminais aeroportuários, as propostas para utilização da luz natural procuraram explorar este recurso. Um projeto com este tipo de preocupação geralmente consegue melhor desempenho. O mesmo já não ocorre no Aeroporto de Goiânia. A iluminação natural não é bem distribuída no interior dos ambientes, o que cria a necessidade do uso da iluminação artificial durante todo o dia, contribui para o aumento do consumo de energia e ainda deixa a sensação de que a cada ampliação mais o edifício se distanciou dos recursos da luz natural.

A iluminação artificial no AIB não é automatizada em nenhum dos terminais. Na Praça de Alimentação do AIB, normalmente é acionada às 17h45min e desligada parcialmente às 23h30min, em função do aproveitamento da luz natural.

O consumo de energia médio anual do ASG, de 286,16 kWh/m², está 25,78% acima dos valores apresentados na Tabela 2 (pág. 92) - 227,50 kWh/m². E ainda, quando comparado ao consumo verificado no Aeroporto de Brasília, verifica-se um consumo 254,66% superior ao que é consumido naquele terminal, ou seja, com menor eficiência energética.

Tendo em vista o consumo energético das edificações não residenciais apresentado na Tabela 2 (pág. 92) por Amorim (2004), o consumo de energia do AIB está 50,60% abaixo da média dos valores apresentados na referida tabela (227,50 kWh/m²). Este resultado representa um consumo satisfatório, resultante de algumas medidas adotadas desde o projeto de arquitetura, que possibilitam, por exemplo, a não utilização do sistema de ar condicionado e de luz artificial em determinados locais, como é o caso da praça de alimentação no terraço panorâmico, que só acende a iluminação a partir das 17 horas.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção, uso e manutenção das edificações estão relacionados ao consumo de matérias-primas, à poluição, redução da camada de ozônio com a emissão de gases na atmosfera, utilização de fontes de energia não renováveis e, conseqüentemente, participam de forma ativa sobre o impacto ambiental destas atividades.

Atingir os objetivos de um projeto sustentável é uma tarefa complexa devido ao grande número de fatores que devem ser considerados. Uma “construção sustentável fornece mais valor, polui menos, ajuda no uso sustentado de recursos, responde mais efetivamente às partes interessadas e melhora a qualidade de vida presente sem comprometer o futuro” (SILVA, 2003). Além disso, são mais duráveis, econômicas e eficientes em suas operações, o que significa oferecer ambientes mais saudáveis e confortáveis para seus ocupantes.

A necessidade de construções que respeitem o ambiente e os usuários é uma questão inadiável e coloca os arquitetos em posição fundamental neste processo. É possível exercer uma arquitetura com base nos parâmetros de projeto ambientalmente conscientes, como tecnologias passivas e de baixo consumo energético, aplicação adequada dos recursos naturais como, por exemplo, fazer melhor aproveitamento da luz natural. Isto inclui tanto os novos projetos como os edifícios existentes, uma vez que o uso e manutenção das edificações também estão relacionados com o impacto ambiental, seja na geração de resíduos, no consumo de água e energia, produção de ruídos e consumo de materiais.

A busca pela melhoria na eficiência das construções tem resultado em pesquisas com o objetivo de reduzir seus impactos sobre meio ambiente interno e externo e melhorar seu potencial de desenvolvimento social e econômico. Dentre estes estudos estão as avaliações de desempenho ambiental das edificações, que abrangem desde *checklists* de tarefas a sistemas de ações e informações, normas e padrões desenvolvidos por diversos países (Zambrano, 2004) e podem ser aplicadas desde as etapas de planejamento, projeto, execução, até à fase do edifício já em operação. Estes instrumentos podem levar a um bom entendimento do desempenho ambiental do edifício, considerando uma grande variedade de condições físicas, características das edificações e prioridades ambientais que ocorrem em diferentes países. Ocorre ainda que, embora muitos aspectos sejam monitorados, os dados não são organizados de tal forma que facilitem o monitoramento da evolução do seu comportamento ao longo do tempo.

Os aeroportos hoje já não são mais somente aeroportos. Segundo Short (GÜLLER; GÜLLER, 2003) fazem parte de um complexo sistema que agrega sistemas de transporte intermodal para passageiros e mercadorias, centros comerciais, hotéis, salas de conferências e um grande número de atividades, nem todas relacionadas com a aviação. São novas cidades sem habitantes fixos, mas que mesmo assim sofrem graves problemas de congestionamento, acessibilidade, ruído e contaminação. Originalmente concebidos e construídos como instalações independentes fora das cidades, eles mudaram e continuam mudando até se tornarem irreconhecíveis, enfrentando uma série de problemas. Entre eles encontram-se questões de planejamento estratégico e desenvolvimento como a provisão de acessos adequados, especialmente para o transporte público e numerosos problemas ambientais, que afetam tanto ao âmbito local como ao entorno mais amplo. Os aeroportos oferecem oportunidades muito claras para tentar alcançar o equilíbrio adequado entre os objetivos econômicos, sociais e ambientais que pede o desenvolvimento sustentável. O desafio específico que enfrentam os aeroportos – aproveitar os aspectos positivos do desenvolvimento e minimizar os efeitos nocivos – se situa no centro de um amplo debate sobre transporte e sustentabilidade.

Uma vez que as viagens de longas distâncias têm vivido um aumento nos últimos anos, também surgiram uma variedade de novos edifícios de aeroportos e com eles, um grande desafio para os arquitetos. Os fluxos de passageiros devem ser dirigidos, os trajetos devem ser curtos, os altos padrões de segurança devem ser cumpridos e as funções mais distintas devem ser coordenadas (SCHÖNWETTER, 2005, p.12).

A luz natural como estratégia

Assim, considerando que o grau de conforto do usuário nos espaços internos dos edifícios é um indicador de desempenho ambiental das edificações, o crescimento do volume do tráfego aéreo, que recebe cada vez mais passageiros nos terminais, o interesse por parte dos gestores na intensificação do aspecto comercial das chamadas cidades-aeroporto e a demonstração desta interferência na matriz de relacionamentos, os projetos e as áreas de manutenção dos edifícios têm que adotar medidas de estímulo ao uso e monitoramento dos recursos que utilizam a iluminação natural nas edificações aeroportuárias, lembrando todo o papel que eles exercem sobre a opinião dos usuários e sua relação com as cidades.

Deve-se considerar ainda, que o fato de utilizar a iluminação natural nem sempre é sinônimo de boa iluminação, conforto ambiental ou de eficiência energética. Portanto, a não

observância de certos parâmetros pode prejudicar o bom desempenho ambiental da edificação.

A preocupação com o desempenho ambiental das edificações deve fazer parte da gestão dos edifícios e corporações, principalmente os de grande porte como é o caso dos aeroportos, grandes complexos edificadas com grande fluxo diário de pessoas, transportes, cargas e atividades diversas.

É evidente também que o uso inadequado da iluminação natural pode intensificar os ganhos térmicos do ambiente, produzir ofuscamentos indesejados e ainda exigir maior consumo de energia pela necessidade de climatização do ambiente. Mais uma vez a responsabilidade do partido arquitetônico adotado na edificação e a atenção às características do clima local demonstram exercer forte influência sobre o bom desempenho ambiental de uma edificação.

A iluminação natural na Matriz de Relacionamentos

A Matriz de Relacionamentos adotada no presente trabalho é uma ferramenta que possibilita aplicações múltiplas e pode ser aplicada pelas organizações com o objetivo de contribuir para acompanhar o desempenho ambiental das edificações.

A análise do peso que a iluminação natural representou sobre os elementos arquitetônicos da edificação e os indicadores ambientais faz da iluminação um importante critério de avaliação, tendo em vista os resultados obtidos. Os dados apontam uma relação de 70,45% dos elementos arquitetônicos da edificação, que por sua vez, demonstraram influenciar o desempenho de 54,84% dos indicadores ambientais que fazem parte da matriz. É importante ressaltar que, dos indicadores afetados, 52,80% representam resultado ambiental com níveis de relacionamento primário e secundário, o que segundo a avaliação, indica relações diretas e imediatas com o indicador ou dependência a ele.

Embora este já fosse um resultado esperado, a Matriz de Relacionamentos tem o mérito de apontar os elementos e indicadores que irão representar maior impacto ambiental nas edificações avaliadas, qual o grau de comprometimento de cada um deles, e ainda, de permitir que se faça um estudo detalhado de cada um destes itens - Elementos da Edificação e Indicadores Ambientais - o que for conveniente para cada estratégia adotada, com intuito de proporcionar o monitoramento destes elementos. Tudo isto com o objetivo de ser uma ferramenta que pode contribuir para o melhor desempenho ambiental das

edificações, com a vantagem de ser útil tanto para o projetista, quanto para as equipes de gestão e manutenção do edifício.

Os resultados obtidos com o uso da Matriz de Relacionamentos evidenciam a importância de que cada decisão de projeto pode influenciar no desempenho ambiental de uma edificação – no caso deste trabalho, abordando a influência da iluminação natural nas edificações aeroportuárias – bem como da existência de ferramentas que possibilitem o monitoramento deste desempenho. Deve também ser ressaltado o papel dos indicadores ambientais como instrumentos que facilitam este acompanhamento ao longo do tempo e que podem orientar na gestão das edificações e na tomada de decisões, especialmente no caso de edificações complexas e de grande porte como as aeroportuárias.

Iluminação natural em edificações aeroportuárias

O estudo da iluminação natural demonstrou sua maior influência na dimensão do espaço interior, com maior peso nas questões de energia, conforto térmico e luminoso, que representam forte apelo econômico. Porém, foi relevante notar também a sua influência nos elementos da edificação que influenciam os indicadores de saúde, conforto e energia. Verifica-se a importância de se trazer estes dados para o gerenciamento das edificações, especialmente as aeroportuárias, considerando os aspectos abordados no presente trabalho e que justificam esta atuação, principalmente os relacionados às questões de energia e conforto do usuário.

Medidas como a elaboração de um programa de monitoramento do edifício, estabelecendo metas para melhorar o desempenho ambiental dos terminais aeroportuários, relacionando itens que podem ser acompanhados, instalando dispositivos adequados, com trabalhos de conscientização, podem ser desenvolvidas a partir das ferramentas de Avaliação de Desempenho Ambiental, como é o caso da Matriz de Relacionamentos apresentada no presente trabalho.

Além disso, medidas simples também podem ser adotadas, como a manutenção na limpeza das superfícies transparentes a fim de obter melhor rendimento das fontes de luz natural ao edifício; a revisão do sistema de iluminação artificial a fim de compatibilizar melhor com a iluminação natural; o uso de sensores para acendimento automático, revisão dos tipos de lâmpadas e luminárias utilizadas para obtenção de melhor rendimento.

Estudos de caso

Os aeroportos selecionados para comparação evidenciaram a importância de se adotar a luz natural como estratégias de projeto. De fato, o Aeroporto de Brasília apresenta vantagens nos aspectos investigados: o consumo de energia é significativamente menor, os usuários apreciam mais o ambiente.

Embora não se tenha chegado a um nível de detalhamento para ações afetivas de gestão, podem ser desenvolvidos parâmetros de avaliação, ações e metas a serem implantadas nos aeroportos. Verifica-se ainda que os planos diretores aeroportuários ainda são incipientes neste assunto e ressalta-se a necessidade de suporte técnico especializado para todas as ações demandadas a partir de uma análise mais criteriosa da matriz, que poderá apontar quais as ações mais relevantes sob o ponto de vista de gestão, que merecem ser implantadas nos aeroportos.

Este trabalho apresenta-se como um ensaio no estudo dos meios de Avaliação do Desempenho Ambiental da Edificação que requer aprofundamento de questões que merecem ser aprimoradas a fim de se alcançar melhores resultados não apenas considerando a iluminação natural, mas outros parâmetros que possa contribuir para o bom desempenho ambiental das edificações. Pretende ser mais uma colaboração na direção de um ambiente construído melhor.

O presente trabalho considera a iluminação natural como um dos elementos a ser utilizados nas edificações de modo a contribuir para a melhoria do desempenho ambiental das edificações aeroportuárias. Os estudos de caso no AIB e ASG demonstraram como a utilização da iluminação natural pode interferir de forma positiva ou negativa no desempenho dos principais indicadores ambientais identificados na pesquisa.

O que se pretende é destacar a importância da aplicação de ferramentas para avaliação do desempenho ambiental destas complexas edificações, para que tanto os projetistas quanto os gestores tenham condições de trabalhar com critérios e parâmetros no sentido de atender às necessidades do desempenho ambiental, preservando o conforto dos usuários. Deve ser estimulado o uso de estratégias de iluminação natural, do monitoramento deste desempenho por meio de indicadores ambientais e a obtenção de outros modelos de desempenho reconhecidos pelo mercado (*benchmarks*) que possibilitem retroalimentar o sistema.

Desdobramentos do estudo

A iluminação natural em edificações aeroportuárias demonstrou ser um aspecto de relevância no desempenho ambiental destas edificações. Os métodos de Avaliação de Desempenho Ambiental de edificações precisam ser adaptados às realidades locais e a Matriz de Relacionamentos mostrou-se uma ferramenta que permite a identificação e monitoramento de elementos da edificação e indicadores ambientais. Porém, é desejável que estas ferramentas sejam cada vez mais acessíveis a um maior número de usuários e de utilização cada vez mais simplificada, o que irá permitir alcançar melhores resultados. Assim, este trabalho aponta para alguns desdobramentos de estudo que poderiam ser continuados a partir das conclusões obtidas, nas quais se confirmam a importância da utilização da luz natural para o conforto dos usuários e na economia de energia elétrica.

O método de avaliação de desempenho ambiental apresentado por Zambrano apresenta várias possibilidades de desdobramentos de pesquisa para cada uma de suas etapas. Porém o objetivo do trabalho era se basear em referências que já considerasse um conjunto de aspectos de avaliação do desempenho ambiental de edificações já adaptado à realidade brasileira. Assim, a Matriz de Relacionamentos utilizada como objeto de estudo no presente trabalho, foi utilizada em sua forma original. O questionamento sobre cada item, possibilidade de subdivisões, adequação de parâmetros, poderia ser um assunto para ser desmembrado em novas pesquisas.

Algumas das possibilidades de desdobramentos são:

- a) Análise dos elementos componentes da Matriz de Relacionamentos, conceitos, possíveis desmembramentos de itens. Conhecer suas origens e como se deu a classificação e seleção dos itens.
- b) Aprofundar os estudos sobre os Elementos da Edificação que tiveram maior influência da luz natural no desempenho dos Indicadores Ambientais de forma a contribuir com a forma de utilização destes dados na Avaliação do Desempenho Ambiental das edificações. Neste trabalho os Elementos da Edificação de maior destaque foram utilizados como parâmetros para a análise dos projetos dos estudos de caso. O mesmo pode ser feito para os Indicadores Ambientais, bem como a busca de metodologias que possibilitem ampliar e simplificar a utilização deste tipo de ferramenta.

- c) Contribuir para o levantamento de dados para formação de *benchmark* por meio dos estudos da Matriz de Relacionamentos ou seus componentes.
- d) Realizar estudo detalhado dos sistemas de utilização da luz natural adotados nas edificações aeroportuárias: como são adotados, quais os critérios de projeto, como estas soluções refletem no desempenho deste tipo de edificação.
- e) Aprofundar o estudo sobre a relação entre as estratégias de utilização da luz natural em edificações aeroportuárias e o consumo de energia, principalmente quanto ao uso de iluminação artificial e ar condicionado.
- f) Revisar e melhorar os questionários de percepção dos usuários quanto à luz natural. Adotar o uso de pré-teste, aumentar o número de entrevistados, separá-los por categorias: trabalhadores e passageiros; comparar os dados obtidos com os locais em que se encontram os usuários.
- g) Analisar maior número de edificações aeroportuárias no país, fazendo as considerações com relação ao clima e à arquitetura
- h) Dar continuidade ao método proposto por Zambrano, desenvolvendo as etapas posteriores do método de Avaliação de Desempenho Ambiental aplicado às edificações aeroportuárias
- i) Ampliar as aplicações práticas do uso da Matriz de Relacionamentos em edificações aeroportuárias. Para isto seria necessário maior apoio da Infraero para se testar o uso desta ferramenta
- j) Levantar os dados e fazer análises comparativas entre as características dos terminais de passageiros
- k) Dar continuidade às medições e simulações computacionais para verificação dos níveis de iluminação em toda a extensão dos terminais aeroportuários, a fim de identificar os aspectos positivos e negativos de como vem sendo utilizada a iluminação natural nestas edificações e o desenvolvimento de estratégias e ações para melhorar o desempenho ambiental destas edificações.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 14031**: gestão ambiental; avaliação de desempenho ambiental; diretrizes. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **ABNT NBR 5413**: iluminância de interiores: procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **ABNT NBR 15215-2: Parte 1**: conceitos básicos e definições. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **ABNT NBR 15215-2: Parte 2**: procedimento de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **ABNT NBR 15215-2: Parte 3**: procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **ABNT NBR 15215-2: Parte 4**: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações; método de medição. Rio de Janeiro, 2003.

AMORIM, C.N.D. **Arquitetura não residencial em Brasília: desempenho energético e ambiental**. Artigo para o Programa de Pós Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 2003.

_____. **Aspectos de conforto térmico**. 2004. 5f. Texto didático da disciplina de mestrado: Controle Ambiental e Urbano – FAU-UnB

_____. **Illuminazione Naturale, Comfort Visivo ed Efficienza Energetica in Edifici Commerciali**: Proposte Progettuali e Tecnologiche in contesto di clima Tropicale. Tese de Doutorado. Università degli Studi di Roma "La Sapienza". Dezembro 2000.

_____. **Indicadores para sistemas ambientais e empreendimentos aeroportuários**. Termo de Referência apresentado à INFRAERO, 2004.

_____. **Alguns dados climáticos para Brasília**. 2005. 7 f. Texto didático da disciplina de mestrado: Estudos Especiais em Tecnologia: Iluminação natural e eficiência energética no projeto de arquitetura. FAU-UnB.

BAKER, N; FANCHIOTTI, A; STEEMERS, K. (Ed.). **Daylighting in architecture: a European reference book**. London: James & James, 1993.

BAKER, N; STEEMERS, K. **Daylight Design of Buildings**. London: James & James, 2002.

BELL, J.; BURT, W. **Designing buildings for daylight**. London: BRE, 1995.

BLOW, C.J. **Airport Terminals**. Oxford: Butterworth Architecture, 1998.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia - Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2006: Relatório Final**. Disponível em: http://www.mme.gov.br/site/menu/select_main_menu_item.do?channelId=1432&pageId=10780. Acesso em: 05 dez. 2006

BRENDOLAN et al. **Aeroporto Internacional de Brasília : estratégias para utilização da Iluminação Natural e Artificial**. Trabalho realizado na disciplina “Estudos Especiais em Tecnologia I”, FAU- UnB. Professora Cláudia Naves D. Amorim, Brasília, 2005.

BRAGA, D. K. **Arquitetura residencial das superquadras do Plano Piloto em BRasília: aspectos de conforto térmico**. 2005. 168 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF.

BURTON, S. (Ed.) **Energy efficient office refurbishment**. London: James & James, 2001.

COMISSÃO DE ESTUDOS E COORDENAÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA AERONÁUTICA (CECIA). **Critérios para planejamento de aeroportos de pequeno porte**. 1980. 133 f. Material didático do curso: Estudo da Infra-estrutura aeronáutica ministrado aos técnicos da AGETOP. Goiânia: 1997.

CENTRAIS Elétricas Brasileiras S.A. (ELETROBRÁS). **Edificações**. 2007. Disponível em: <http://www.eletronbras.com/elb/main.asp?ViewID={F9A71E97-D6DA-4EB4-84DF-1097E8EC081D}>. Acesso em: 17 mai. 2007.

CORATO L. L.; NAKANISHI, T. M.; CARAM, R. M. **Inovações tecnológicas em fachadas transparentes a partir da década de 70**. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2001, São Pedro/SP Anais...: ANTAC, 2001. CD-Rom.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em Busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental**. Rio de Janeiro: REVAN, 2003.

DEGANI, C.M.; CARDOSO, F.F. **A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico**. In: NUTAU 2002 – Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 7 a 11 outubro 2002.

CUADRA, M. **World Airports – Weltflughäfen: vision and reality, culture and technique, past and present**. Hamburg: DAM, 2002.

EDWARDS, Brian. **Guía básica de la sostenibilidad**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

EMPRESA Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária (INFRAERO). **A Infraero e o meio ambiente: uma relação de respeito**. Disponível em: <<http://t>>. Acesso em: 11 fev. 2005.

EMPRESA Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária (INFRAERO). **Aeroportos**. Disponível em: <<http://t>>. Acesso em: 10 mar. 2007.

EMPRESA Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária (INFRAERO). **A Infraero e o meio ambiente: uma relação de respeito**. Disponível em: <<http://t>>. Acesso em: 11 fev. 2005.

FERNANDES, António Manuel C. P. **Clima, homem e arquitetura**. Goiânia: Trilhas Urbanas, 2006.

FONTOYNONT, M. (Ed.). **Daylight performance of buildings**. Lyons: James & James, 1999.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico**. 5.ed. São Paulo: Studio Nobel, 1995.

GIODA, A.; AQUINO NETO. **Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não industriais no Brasil: uma abordagem comparativa**. Cadernos de Saúde Pública,

vol. 19 nº 5. Rio de Janeiro, Sept/Oct. 2003. Disponível em: http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2003000500017
Acesso em: 5 mai. 2004.

GOULART, S.V.G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 2998. CD-ROM.

GÜLLER M; GÜLLER M. **Del aeropuerto a la ciudad-aeropuerto**. Barcelona: Gustavo Gili, 2003.

INSTITUTO de Aviação Civil (IAC); INSTITUTO Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Termos de referência para elaboração de estudo de impacto ambiental para aeroportos**. [S.l.: s.n], [199-]. (Material didático do curso: Estudo da Infra-estrutura aeronáutica ministrado aos técnicos da AGETOP. Goiânia: 1997).

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Daylight in Buildings: a source book on daylighting systems and components**. Report of IEA SHC Task 21/ECBS Annex 29. Berkeley, CA: 2000.

INSTITUT DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓ DE CATALUNYA (ITeC). **Parámetros de sostenibilidad**. Barcelona, 2003.

JOHN, V. M.; SILVA, V. G.; AGOPYAN, V. **Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro**. In: ANTAC – Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Canela, 24 a 27 de abril de 2001. Anais... CD-ROM.

JOHNSEN, K.; et al. Assessment of user's evaluation of lighting conditions in test rooms. In:

KRICHELDORF, M.R.; HACKENBERG, A. M. (2003) **A Influência do ambiente de trabalho na sensibilidade ambiental do trabalhador: uma abordagem estatística**. In: ENCAC – COTEDI 2003, Curitiba. Anais... CD-ROM.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 2ª ed. São Paulo: ProLivros, 2004

LAMBERTS, R. et al. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, PROCEL, 1997

LOE, D.; MANSFIELD, K.P. **Daylighting design in architecture: making the most of a natural resource**. Watford, UK: BRECSU-BRE, 1997.

MACIEL, A. A. Projeto bioclimático em Brasília: **Estudo de caso em edifício de escritórios**. Florianópolis, 2002. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

MASCARÓ, L. R. **Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projeto, 1985.

MORAIS BALDOINO, Valéria. **A influência da ocupação do solo no comportamento da ventilação natural e na eficiência energética em edificações: estudo de caso em Goiânia – clima tropical de altitude**. 2006. 260 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília.

MONTEIRO, L. **Fluxo de passageiros deve dobrar em 5 anos**. O Popular, Goiânia, 5 jul. 2006, p. 12.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

ORNSTEIN, S. **Avaliação pós-ocupação (APO) do ambiente construído**. São Paulo: Studio Nobel, 1992.

PARADA, S. R. **Projeto de arquitetura: obra: Aeroporto Internacional de Brasília**. Brasília, 2006. Projeto, maquete eletrônica, memorial e dados técnicos da obra. CD-ROM.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. 2. ed. São Paulo: ProEditores, 2000.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura Bioclimática do espaço urbano**. Brasília: Universidade de Brasília, 2001.

ROSSO, S. M. A Técnica define a forma. **Arquitetura & Urbanismo**, São Paulo, n. 152, p. 38-51, nov. 2006.

SERRA, R. **Arquitectura y climas**. 3. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

SERRA, R. **Clima, Lugar y Arquitectura. Manual de Diseño Bioclimático**. Madrid: CIEMAT, 1989.

SILVA, V. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. 2003. 210f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA, V.; SILVA M.; AGOPYAN, V. **Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para desenvolvimento no Brasil**. 2003a . Disponível em: http://pcc5100.pcc.usp.br/10_Sistemas_de_avaliacao/Artigo%20Revista%20AC_silva_silva_agopyan.pdf . Acesso em 20 mar. 2006.

_____. **Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade**. 2003b. Revista *on line* ANTAC. Disponível em: http://www.antac.org.br/AmbienteConstruido/scripts/ArtigosAutor.asp?CD_AUTOR=16 . Acesso em: 20 mar. 2006.

SIMÃO, M **Percepção e uso da luz solar em edificações residenciais unifamiliares**. 2004. 61f. Monografia (Especialização em Tecnologias e Projetos de Iluminação / Lighting Designer) - Universidade Estácio de Sá, Goiânia.

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

TEIXEIRA, M. A.; AMORIM, C.N. D. **Avaliação ambiental para edifícios aeroportuários: elaboração de indicadores ambientais**. In ENCAC-ELACAC 2005. Maceió: 2005.

ZAMBRANO,L.M.A. **A avaliação do desempenho ambiental da edificação: um instrumento de gestão ambiental - estudo de caso na indústria farmacêutica**. 2004. 173f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ZAMBRANO,L.M.A; BASTOS,L.E.G; SLAMA,J.G. **Gestão ambiental e avaliação do desempenho da edificação: estudo de caso na indústria farmacêutica.** In: I ClaCS'04 – ENTAC'04. São Paulo: 2004. Anais... CD-ROM.

- Recife - <<http://www.sbrf.hpg.ig.com.br/> - 27k> acesso em: 31 mar. 2007.

- Recife - <<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/arquitetura563.asp>> acesso em: 31 mar. 2007.

- BARAJAS:

<http://www.richardrogers.co.uk/render.aspx?siteID=1&navIDs=1,4,23,648&showImages=table&showParent=true>

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 5461**: Iluminação; terminologia. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR 5382**: Verificação de Iluminâncias de Interiores. Rio de Janeiro, 1985.

BROWN, G.Z.; DeKAY. **Sol, vento & luz: estratégias para o projeto de arquitetura**. Tradução de Alexandre Ferreira da Silva. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

GÜNTHER, H. **Como elaborar um questionário**. (Série: Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais, No 1). Brasília, DF: UnB, Laboratório de Psicologia Ambiental. Disponível em: <<http://www.psi-ambiental.net/pdf/01Questionario.pdf>> . Acesso em 15 jul. 2006.

MOTA, S. **Urbanização e Meio Ambiente**. 3ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

ORNSTEIN, S.; BRUNA, G.; ROMÉRO, M. **Ambiente construído & comportamento: a avaliação pós-ocupação e a qualidade ambiental**. São Paulo: Studio Nobel e FUPAM, 1995.

PANERAI, P. **Análise urbana**. Tradução em fase de revisão por Sylvia Ficher. Brasília: 2005.

PEIXOTO, E. R. **A crise da cidade moderna**. In: Estudos: Revista da Universidade Católica de Goiás, v.31, n.10, p.1993-2018, Goiânia: UCG, 2004.

ROGERS. R. **Cidades para um pequeno planeta**. Barcelona: Gustavo Gili, 2001.

ROSSETO et al. **Proposta de um sistema de indicadores para gestão de cidades visando ao desenvolvimento sustentável**. In.: I ClaCS'04 – ENTAC'04. São Paulo: 2004

SANTOS, R. R. **Aeroportos: do campo de aviação à área terminal**. São Paulo: Contar, 1985.

SANTOVITO, R.F. **Contribuição ao redesenho da estrutura de avaliação Green Building Challenge: o caso dos indicadores do desempenho econômico**. In: I ClaCS'04 – ENTAC'04. São Paulo: 2004.

SILVA, M A. **Normas para elaboração e apresentação de trabalhos acadêmicos na UCG: modalidades, formatação e referências**. Goiânia: UCG, 2002.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212p.

As tabelas que compõem o presente anexo apresentam os níveis de relacionamento entre os Elementos da Edificação e os Indicadores Ambientais da Matriz de Relacionamentos de acordo com as relações estabelecidas no método proposto no capítulo 3. Cada Elemento da Edificação que influencia no desempenho dos Indicadores Ambientais gerou uma tabela específica, cujo preenchimento considera, além dos níveis de relacionamento, a luz natural e as peculiaridades de uma edificação aeroportuária.

A ordem das tabelas segue a mesma dos Elementos da Edificação na Matriz de Relacionamentos e indica também o número a que corresponde cada elemento. Para melhor visualização, estão ressaltados os indicadores que possuem relacionamento primário e secundário (níveis 1 e 2), ou seja, aqueles que identificam os Elementos de maior relevância e que podem contribuir para melhorar o desempenho ambiental das edificações aeroportuárias.

Estas tabelas servem ainda para auxiliar nas etapas futuras do processo de Avaliação do Desempenho Ambiental, que não fazem parte do escopo deste trabalho, mas que facilitam a identificação dos parâmetros a serem analisados e o seu monitoramento.

CATEGORIA: IMPLANTAÇÃO

a) ESTACIONAMENTO (2)

Tabela 1 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Estacionamento, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS implantação	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
ESTACIONAMENTO	32	qualidade do ar, ventilação e umidade iluminação natural, artificial e acuidade visual	2	espaço interior	saúde
	33	acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	34	Ruído e acústica	2	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	2	espaço interior	Saúde
	37	Riscos físicos e ergonômicos	3	espaço interior	Riscos
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	2	espaço interior	Conforto
	39	conforto visual e lumínico	2	espaço interior	Conforto
	40	conforto acústico	3	espaço interior	Conforto
	41	conforto olfativo	3	espaço interior	Conforto
	43	Consumo energético (de fontes renováveis de energia, exceto energia elétrica)	2	espaço interior	Energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	2	espaço interior	Energia
	53	plano de manutenção, operação e controle	2	espaço interior	Edifício

b) CIRCULAÇÃO (3)

Tabela 2 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Circulação, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS implantação	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
CIRCULAÇÃO	1	Emissões de GHG – gases de efeito estufa emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	3	global	Emissões
	2	emissão de poluentes atmosféricos	3	global	Emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	3	global	Emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	2	espaço interior	Saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	2	espaço interior	Saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	2	espaço interior	Conforto
	39	conforto visual e lumínico	2	espaço interior	Conforto
	40	conforto acústico	2	espaço interior	Conforto
	41	conforto olfativo	2	espaço interior	Conforto
	43	Consumo energético (de fontes renováveis de energia, exceto energia elétrica)	2	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	2	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	3	espaço interior	energia

c) LOCAL DE IMPLANTAÇÃO (topografia) (4)

Tabela 3 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Local de implantação (topografia), de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
implantação					
LOCAL DE IMPLANTAÇÃO (TOPOGRAFIA)	1	Emissões de GHG – gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	27	Sombreamento de outros prédios ou relevo	1	Local	ocup solo
	29	Área livre consumida pela edificação e apoio	3	Local	ocup solo
	32	Qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	34	Ruído e acústica	2	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	2	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	1	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	2	espaço interior	Conforto
	41	conforto olfativo	2	espaço interior	Conforto
	43	Consumo energético (de fontes renováveis de energia, exceto energia elétrica	2	espaço interior	Energia
	44	Consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	2	espaço interior	Energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	Energia
	48	Consumo líquido anual de água por operações do edifício	3	espaço interior	Rec nat
	49	Consumo de recursos naturais	3	espaço interior	Rec nat
	50	Sistemas e materiais que utilizam fontes poluentes	2	espaço interior	Edifício
	51	flexibilidade e adaptabilidade	2	espaço interior	Edifício
52	Compatibilidade dos sistemas	3	espaço interior	Edifício	
53	plano de manutenção, operação e controle	3	espaço interior	Edifício	

d) TAXA DE OCUPAÇÃO NO TERRENO (5)

Tabela 4 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Taxa de ocupação no terreno, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
implantação					
TAXA DE OCUPAÇÃO NO TERRENO	1	Emissões de GHG – gases de efeito estufa	3	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	3	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	3	global	emissões
	27	Sombreamento de outros prédios ou relevo	3	Local	ocup solo
	29	Área livre consumida pela edificação e apoio	2	Local	ocup solo
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	2	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	3	espaço interior	saúde
	38	conforto higratérmico e superaquecimento	2	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	2	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	3	espaço interior	conforto
	41	conforto olfativo	3	espaço interior	Conforto
	43	Consumo energético (de fontes renováveis de energia, exceto energia elétrica)	3	espaço interior	Energia
	44	Consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	3	espaço interior	Energia
	47	cargas térmicas	2	espaço interior	energia
	48	Consumo líquido anual de água por operações do edifício	3	espaço interior	Rec nat
	49	Consumo de recursos naturais	3	espaço interior	Rec nat
	50	Sistemas e materiais que utilizam fontes poluentes	3	espaço interior	Edifício
	51	flexibilidade e adaptabilidade	3	espaço interior	Edifício

e) ÁREA LIVRE DO TERRENO, RESERVAS NATURAIS, PAISAGISMO (6)

Tabela 5 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Área livre do terreno, Reservas naturais e paisagismo, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
implantação					
ÁREA LIVRE DE TERRENO, RESERVAS NATURAIS, PAISAGISMO	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	1	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	3	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	2	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	2	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	3	espaço interior	conforto
	41	conforto olfativo	3	espaço interior	Conforto
	43	Consumo energético (de fontes renováveis de energia, exceto energia elétrica)	3	espaço interior	Energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	3	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	2	espaço interior	energia
	49	Consumo de recursos naturais	4	espaço interior	Rec nat
	50	Sistemas e materiais que utilizam fontes poluentes	4	espaço interior	edifício
	51	flexibilidade e adaptabilidade	3	espaço interior	edifício

f) INSOLAÇÃO (7)

Tabela 6 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Insolação, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
Implantação					
INSOLAÇÃO	1	emissão de gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	27	sombreamento de outros prédios ou relevo	1	local	ocupação do solo
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	2	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	1	espaço interior	saúde
	38	conforto higratérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	1	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	2	espaço interior	conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	1	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	48	consumo líquido anual de água por operação do edifício	3	espaço interior	recursos naturais
	49	Consumo de recursos naturais	2	espaço interior	Rec nat
50	Sistemas e materiais que utilizam fontes poluentes	3	espaço interior	edifício	
51	flexibilidade e adaptabilidade	2	espaço interior	edifício	
52	Compatibilidade dos sistemas	2	espaço interior	Edifício	
53	plano de manutenção, operação e controle	3	espaço interior	Edifício	

g) VENTOS (8)

Tabela 7 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Ventos, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
implantação					
VENTOS	1	emissão de gases de efeito estufa	3	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	3	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	3	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	2	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	2	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	3	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	2	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	3	espaço interior	conforto
	41	conforto olfativo	3	espaço interior	Conforto
	43	Consumo energético (de fontes renováveis de energia, exceto energia elétrica)	3	espaço interior	Energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	3	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	2	espaço interior	energia
	49	Consumo de recursos naturais	4	espaço interior	Rec nat
	50	Sistemas e materiais que utilizam fontes poluentes	3	espaço interior	edifício
51	flexibilidade e adaptabilidade	2	espaço interior	edifício	
52	Compatibilidade dos sistemas	3	espaço interior	edifício	

h) PRECIPITAÇÕES (9)

Tabela 8 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Precipitações, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
implantação					
PRECIPITAÇÕES	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	2	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	2	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	4	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	2	espaço interior	conforto
	47	cargas térmicas	3	espaço interior	energia

i) TEMPERATURA LOCAL (10)

Tabela 9 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Temperatura local., de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
implantação					
TEMPERATURA LOCAL	1	emissão de gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	2	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	3	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	2	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	3	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	3	espaço interior	Conforto
	43	Consumo energético (de fontes renováveis de energia, exceto energia elétrica)	1	espaço interior	Energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	48	consumo líquido anual de água por operação do edifício	3	espaço interior	recursos naturais
	49	consumo de recursos naturais	2	espaço interior	recursos naturais
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	2	espaço interior	edifício
	51	flexibilidade e adaptabilidade	3	espaço interior	edifício
52	compatibilidade de sistemas	2	espaço interior	edifício	
53	plano de manutenção, operação e controle	3	espaço interior	edifício	

j) UMIDADE (11)

Tabela 10 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Umidade, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
implantação					
UMIDADE	1	emissão de gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	3	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	4	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	2	espaço interior	saúde
	38	conforto higratérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	3	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	4	espaço interior	conforto
	43	Consumo energético (de fontes renováveis de energia, exceto energia elétrica)	3	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	3	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	48	consumo líquido anual de água por operação do edifício	3	espaço interior	recursos naturais
	49	consumo de recursos naturais	3	espaço interior	recursos naturais
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	2	espaço interior	Edifício
	51	flexibilidade e adaptabilidade	3	espaço interior	Edifício
52	compatibilidade de sistemas	2	espaço interior	Edifício	
53	plano de manutenção, operação e controle	2	espaço interior	Edifício	

I) CONSTRUÇÕES VIZINHAS (12)

Tabela 11 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Construções vizinhas, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
implantação					
CONSTRUÇÕES VIZINHAS	1	emissão de gases de efeito estufa	3	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	3	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	3	global	emissões
	27	sombreamento de outros prédios ou relevo	1	local	ocupação do solo
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	39	conforto visual e lumínico	2	espaço interior	conforto
	41	conforto olfativo	3	espaço interior	conforto
	43	Consumo energético (de fontes renováveis de energia, exceto energia elétrica)	3	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	3	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia

CATEGORIA: MORFOLOGIA**a) FACHADAS (14)**

Tabela 12 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Fachadas, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
morfologia					
FACHADAS	1	emissão de gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	2	espaço interior	saúde
	38	conforto higratérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	1	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	2	espaço interior	conforto
	43	Consumo energético (de fontes renováveis de energia, exceto energia elétrica)	1	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	edifício

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
morfologia					
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	2	espaço interior	edifício
	52	compatibilidade de sistemas	2	espaço interior	edifício
	53	plano de manutenção, operação e controle	2	espaço interior	edifício

b) FORMA DA EDIFICAÇÃO (15)

Tabela 13 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Forma da edificação, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
morfologia					
FORMA DA EDIFICAÇÃO					
	1	emissão de gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	6	ventos locais	2	local	clima
	27	sombreamento de outros prédios ou relevo	2	local	ocupação do solo
	28	impactos no terreno e propriedades adjacentes	3	local	ocupação do solo
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	2	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	1	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	2	espaço interior	conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	1	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	49	consumo de recursos naturais	2	espaço interior	recursos naturais
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	2	espaço interior	edifício
	52	compatibilidade de sistemas	2	espaço interior	edifício
	53	plano de manutenção, operação e controle	2	espaço interior	edifício

c) ÁREA OCUPADA POR PESSOA (densidade) (16)

Tabela 14 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Área ocupada por pessoa (densidade), de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
morfologia					
ÁREA OCUPADA POR PESSOA (DENSIDADE)	1	emissão de gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	4	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	2	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	2	espaço interior	conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	2	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	2	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	49	consumo de recursos naturais	2	espaço interior	recursos naturais
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	2	espaço interior	edifício
	54	treinamento dos usuários do edifício	3	espaço interior	edifício

d) EMBASAMENTO (relação prédio-solo) (20)

Tabela 15 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Embasamento (relação prédio-solo), de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
morfologia					
EMBASAMENTO (relação prédio-solo)	6	ventos locais	3	local	clima
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	3	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	3	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	2	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	3	espaço interior	conforto
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	2	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	3	espaço interior	edifício
	53	plano de manutenção, operação e controle	3	espaço interior	edifício

CATEGORIA: MATERIALIDADE**a) MATERIAIS OPACOS DE VEDAÇÃO (inércia, isolamento) (22)**

Tabela 16 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Materiais opacos de vedação, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
materialidade					
MATERIAIS OPACOS DE VEDAÇÃO	1	emissão de gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	3	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	2	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	2	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	3	espaço interior	conforto
	41	conforto olfativo	3	espaço interior	Conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	1	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	49	consumo de recursos naturais	2	espaço interior	recursos naturais
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	2	espaço interior	edifício

b) TRANSPARÊNCIAS (sistemas de abertura, proporção, radiação, inércia, isolamento) (23)

Tabela 17 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Transparências (sistemas de abertura, materiais de vedação, proporção, radiação, inércia, isolamento), de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
materialidade					
TRANSPARÊNCIAS	1	emissão de gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	28	impactos no terreno e propriedades adjacentes	3	local	ocupação do solo
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	2	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	1	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	2	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	Conforto
	40	conforto acústico	1	espaço interior	Conforto
	41	conforto olfativo	2	espaço interior	conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	1	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	49	consumo de recursos naturais	3	espaço interior	recursos naturais
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	1	espaço interior	edifício
	51	flexibilidade e adaptabilidade	2	espaço interior	Edifício
	53	plano de manutenção, operação e controle	1	espaço interior	edifício
	54	treinamento dos usuários do edifício	1	espaço interior	saúde

c) PROTEÇÕES (coberturas, brises, marquises) (24)

Tabela 18 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Proteções (beirais, brises, marquises e outros), de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
materialidade					
PROTEÇÕES (beirais, brises, marquises e outros)	1	emissão de gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	2	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	2	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	3	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	1	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	2	espaço interior	conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	1	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	2	espaço interior	edifício
53	plano de manutenção, operação e controle	1	espaço interior	edifício	
54	treinamento dos usuários do edifício	1	espaço interior	edifício	

CATEGORIA: ESPACIALIDADE**a) DISTRIBUIÇÃO DOS ESPAÇOS (relações de proximidade, riscos, distâncias, zoneamento) (25)**

Tabela 19 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Distribuição dos espaços (zoneamento), de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
espacialidade					
DISTRIBUIÇÃO DOS ESPAÇOS (zoneamento)	1	emissão de gases de efeito estufa	3	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	3	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	3	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	2	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	2	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	3	espaço interior	saúde
	38	conforto higratérmico e superaquecimento	2	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	1	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	3	espaço interior	conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	3	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	2	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	2	espaço interior	edifício
	53	plano de manutenção, operação e controle	2	espaço interior	edifício

b) ATENDIMENTO À NECESSIDADE DE ESPAÇOS (áreas e funções) (26)

Tabela 20 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Atendimento à necessidade de espaços (áreas e funções), de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
espacialidade					
ATENDIMENTO À NECESSIDADE DE ESPAÇOS (áreas e funções)	1	emissão de gases de efeito estufa	3	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	3	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	3	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	2	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	2	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	3	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	3	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	2	espaço interior	conforto
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	2	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	2	espaço interior	edifício
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	3	espaço interior	Edifício
	51	flexibilidade e adaptabilidade	3	espaço interior	Edifício
	52	compatibilidade de sistemas	3	espaço interior	Edifício
	53	plano de manutenção, operação e controle	3	espaço interior	Edifício

c) AMBIÊNCIA HIGROTÉRMICA (27)

Tabela 21 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Ambiente higrotérmica, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
espacialidade					
AMBIÊNCIA HIGROTÉRMICA	1	emissão de gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	Saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	2	espaço interior	Saúde
	34	ruído e acústica	3	espaço interior	Saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	1	espaço interior	Conforto
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	2	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	3	espaço interior	Conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	1	espaço interior	Energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	Energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	Energia
	49	consumo de recursos naturais	3	espaço interior	recursos naturais
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	2	espaço interior	Edifício
	51	flexibilidade e adaptabilidade	2	espaço interior	Edifício
	52	compatibilidade de sistemas	2	espaço interior	Edifício
	53	plano de manutenção, operação e controle	1	espaço interior	Edifício
	54	treinamento dos usuários do edifício	1	espaço interior	edifício

d) AMBIÊNCIA LUMÍNICA (28)

Tabela 22 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Ambiente lumínica, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
espacialidade					
AMBIÊNCIA LUMÍNICA	1	emissão de gases de efeito estufa	3	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	3	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	3	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	3	espaço interior	Saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	1	espaço interior	saúde
	38	conforto higratérmico e superaquecimento	2	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	1	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	3	espaço interior	Conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	1	espaço interior	Energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	1	espaço interior	edifício
	51	flexibilidade e adaptabilidade	2	espaço interior	edifício
	52	compatibilidade de sistemas	2	espaço interior	edifício
	53	plano de manutenção, operação e controle	1	espaço interior	edifício
	54	treinamento dos usuários do edifício	1	espaço interior	edifício

e) AMBIÊNCIA SONORA (29)

Tabela 23 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Ambiente sonora, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
espacialidade					
AMBIÊNCIA SONORA	1	emissão de gases de efeito estufa	3	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	3	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	3	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	2	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	3	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	1	espaço interior	Saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	3	espaço interior	saúde
	39	conforto visual e lumínico	4	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	2	espaço interior	conforto
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	4	espaço interior	edifício
53	plano de manutenção, operação e controle	3	espaço interior	edifício	

f) AMBIÊNCIA OLFATIVA (30)

Tabela 24 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Ambiente olfativa, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
espacialidade					
AMBIÊNCIA OLFATIVA	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	3	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	3	espaço interior	saúde
	41	conforto olfativo	1	espaço interior	conforto
	51	flexibilidade e adaptabilidade	3	espaço interior	edifício

g) ENERGIA ELÉTRICA (31)

Tabela 25 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Energia elétrica, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
espacialidade					
ENERGIA ELÉTRICA	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	3	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	3	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	1	espaço interior	conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	1	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	49	consumo de recursos naturais	3	espaço interior	recursos naturais
	53	plano de manutenção, operação e controle	1	espaço interior	edifício

CATEGORIA: INSTALAÇÕES PREDIAIS**a) ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL (estratégias para distribuição de luz) (32)**

Tabela 26 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Iluminação natural e artificial (estratégias para distribuição de luz), de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
instalações prediais					
ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL (distribuição de luz)	1	emissão de gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	1	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	3	espaço interior	Saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	1	espaço interior	saúde
	38	conforto higratérmico e superaquecimento	2	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	1	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	3	espaço interior	conforto
	41	conforto olfativo	3	espaço interior	conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	1	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	49	consumo de recursos naturais	1	espaço interior	recursos naturais
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	1	espaço interior	energia
51	flexibilidade e adaptabilidade	2	espaço interior	edifício	
52	compatibilidade de sistemas	2	espaço interior	edifício	
53	plano de manutenção, operação e controle	1	espaço interior	edifício	
54	treinamento dos usuários do edifício	1	espaço interior	edifício	

b) AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E EXAUSTÃO MECÂNICA (33)

Tabela 27 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Ar condicionado, ventilação e exaustão mecânica, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
instalações prediais					
AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E EXAUSTÃO MECÂNICA	1	emissão de gases de efeito estufa	1	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	1	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	1	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	1	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	4	espaço interior	saúde
	34	ruído e acústica	2	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	3	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	3	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	2	espaço interior	conforto
	41	conforto olfativo	3	espaço interior	conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	1	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	1	espaço interior	energia
	49	consumo de recursos naturais	3	espaço interior	recursos naturais
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	1	espaço interior	edifício
	51	flexibilidade e adaptabilidade	2	espaço interior	edifício
	52	compatibilidade de sistemas	2	espaço interior	edifício
	53	plano de manutenção, operação e controle	1	espaço interior	edifício
	54	treinamento dos usuários do edifício	1	espaço interior	edifício

c) SEGURANÇA E SUPERVISÃO PREDIAL (38)

Tabela 28 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Segurança e supervisão predial, ventilação e exaustão mecânica, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
instalações prediais					
SEGURANÇA E SUPERVISÃO PREDIAL	1	emissão de gases de efeito estufa	2	global	emissões
	2	emissão de SDOs (subst. destroem camada ozônio)	2	global	emissões
	3	emissão de poluentes atmosféricos	2	global	emissões
	32	qualidade do ar, ventilação e umidade	2	espaço interior	saúde
	33	iluminação natural, artificial e acuidade visual	2	espaço interior	saúde
	35	saúde dos usuários da edificação	3	espaço interior	saúde
	38	conforto higrotérmico e superaquecimento	1	espaço interior	conforto
	39	conforto visual e lumínico	1	espaço interior	conforto
	40	conforto acústico	3	espaço interior	conforto
	41	conforto olfativo	3	espaço interior	conforto
	43	consumo energético de fontes renováveis (exceto energia elétrica)	1	espaço interior	energia
	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	1	espaço interior	energia
	45	consumo energético de combustíveis fósseis	2	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	2	espaço interior	energia
	50	sistemas materiais que utilizam SDO, GHG ou fontes poluentes	3	espaço interior	edifício
	52	compatibilidade de sistemas	2	espaço interior	edifício
53	plano de manutenção, operação e controle	2	espaço interior	edifício	
54	treinamento dos usuários do edifício	2	espaço interior	edifício	

d) EQUIPAMENTOS E MÁQUINAS DA PRODUÇÃO (38)

Tabela 29 - Indicadores ambientais influenciados pelo elemento arquitetônico Equipamentos e máquinas da produção, de acordo com a Matriz de Relacionamentos.

ELEM. ARQUITETÔNICOS	No IDA	IDA	RELAC	DIMENSÃO	DOMÍNIO
instalações prediais					
EQUIPAMENTOS E MÁQUINAS DA PRODUÇÃO	44	consumo líquido anual de energia elétrica por operações do edifício	2	espaço interior	energia
	47	cargas térmicas	2	espaço interior	energia

QUESTIONÁRIO – ILUMINAÇÃO e CONFORTO VISUAL

Adaptado de Brendolan, R. et al, Johnsen, K. et al, Maciel, A. e Simão, M.

Este é um trabalho acadêmico que tem por **objetivo** investigar a percepção da **iluminação** e as **condições de conforto** em ambientes internos.

Dessa forma, a **opinião do usuário é muito importante** para que se consiga caracterizar tais condições, uma vez que é ele quem está submetido às condições presentes no ambiente durante a maior parte do tempo.

Assim, preparamos um pequeno questionário a fim de conhecer sua **opinião, sensações e preferências** em relação a este ambiente utilizado.

Esperamos poder contar com sua valiosa colaboração

1. Com que frequência você utiliza este ambiente?

diária semanal esporádica

2. Quando você utiliza este espaço, qual é sua média de permanência?

menos que 2 horas de 2 a 6 horas acima de 6 horas

3. Que atividade(s) você está fazendo ou faz com maior frequência neste ambiente?

(marque quantas opções corresponderem à sua realidade)

convívio social _____ encontro com amigos e familiares recreação com filhos

trabalho _____ estudo leitura uso de computadores reuniões

lazer _____ contemplação assistir filmes outros

alimentação _____ café da manhã almoço lanche jantar

outros _____ espera para embarque/desembarque jogos compras

4. De maneira geral, como você avalia o nível de iluminação deste ambiente?

Nível de Iluminação

(baixo)

0	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

 (alto)

5. Do seu posto, você observa alguma área de sombra no ambiente?

Áreas de sombra

(nenhuma)

0	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

 (muitas)

6. Do seu posto, você observa alguma área de iluminação intensa no ambiente?

Áreas de iluminação intensa

(nenhuma)

0	1	2	3	4	5
---	---	---	---	---	---

 (muitas)

7. Você já observou reflexos que incomodam em algum lugar deste ambiente?

sim não

8. Em caso positivo, quais foram estes locais?

9. O que você acha da luz que vem do sol (luz natural)? (marque quantas opções se aplicarem à sua realidade)

- agradável _____ satisfatória para as atividades desenvolvidas
Porquê define com fidelidade a cor dos objetos
 varia conforme as horas do dia
 outros _____

- incômoda _____ muito clara
Porque satisfatória somente para algumas atividades
 esquenta os ambientes
 outros _____

10. Neste ambiente você identifica elementos capazes de barrar a luz direta que vem do sol? (marque quantas opções desejar)

- elementos fixos _____ vegetação
 elementos vazados (blocos, combogós)
 outros _____

- equipamentos móveis _____ persianas
 cortinas
 toldos
 brises

- outros _____

11. Qual a sua opinião sobre o tamanho das aberturas com vidros? São do tamanho ideal?

- sim não

12. Se a resposta for "não", as janelas são:

- maiores que o desejável menores que o desejável outros _____

13. Você utiliza este ambiente tanto de dia como à noite?

- sim não

14. Em caso afirmativo, o que é melhor:

a execução das atividades de dia, com presença da luz natural, ou à noite somente com luz artificial?

- de dia à noite

porque? _____

15. Durante o período em você utiliza este ambiente é necessário fazer uso de iluminação artificial?

sim não

16. Se sim, a partir de que hora? _____

17. Você já encontrou alguma dificuldade relativa à visibilidade para realização de alguma das atividades desempenhadas neste local?

sim não

18. Se sim, onde?

19. Que lugar desta edificação você acha mais agradável do ponto de vista da iluminação?

20. Porque?

Dados Pessoais: (Garantimos que sua identidade será mantida em perfeito sigilo e não será utilizada com outro fim que o aqui informado)

Nome (não precisa ser completo)

Sexo

masculino feminino

Idade

menos de 18 anos 19 a 24 anos 25 a 39 anos 40 a 54 anos acima de 55 anos

Nível de escolaridade

Ensino fundamental Ensino médio Ensino superior Pós-graduação

Você usa óculos ou lentes de contato enquanto desenvolve suas atividades?

sim não

Muito obrigada pela colaboração!!

_____ (cidade) , ___ / ___ / ___

hora: _____

condições do céu (para preenchimento pelo entrevistador): _____

A seleção das perguntas é um item fundamental para o bom resultado dos questionários aplicados. A objetividade do que se pretende saber do entrevistado, a seqüência de apresentação e coerência das perguntas são de fundamental importância, pois muitas vezes a pessoa está trabalhando ou num período de espera que exige que ela esteja sempre atenta a chamadas e novas informações relativas aos vãos a qualquer momento. Com isso, a quantidade de perguntas e o tempo destinado a respondê-las deve ser rápido o suficiente para despertar o interesse em colaborar com a pesquisa e possibilitar respostas com mais precisão. Na medida em que o questionário vai sendo aplicado percebe-se as perguntas que são mais facilmente compreendidas pelo entrevistado e aquelas que apresentam maior dificuldade, seja por utilização de termos mais específicos ao assunto pesquisado, seja pela clareza da pergunta.

A seguir será apresentada uma análise das perguntas de forma a contribuir para uma nova aplicação dos questionários. O procedimento ideal seria a utilização do modelo aplicado como um pré-teste, cuja análise levaria a correções e melhoria das perguntas. O curto tempo disponível para fechamento da pesquisa de campo não tornou viável a reformulação do Entretanto a seguir será apresentado um comentário sobre cada uma das perguntas, cuja análise dos dados obtidos levou à criação de uma legenda que aponta caminhos para correções e possíveis aplicações futuras.

	Questão a ser mantida
	Questão a ser reformulada
	Questão a ser excluída
	Questão proposta

questões nº 1 e 2:

- 1. Com que freqüência você utiliza este ambiente?**
 diária semanal esporádica
- 2. Quando você utiliza este espaço, qual é sua média de permanência?**
 menos que 2 horas de 2 a 6 horas acima de 6 horas

Estes são exemplos de questões objetivas, importantes para compreensão de outras respostas.

questão nº 3:

Que tipo de atividade desenvolvidas você está desenvolvendo ou desenvolve com maior freqüência neste ambiente? (marque quantas opções desejar)

- convívio social _____ encontro com amigos e familiares recreação com filhos
 trabalho _____ estudo leitura uso de computadores reuniões

- lazer _____ contemplação assistir filmes outros
 alimentação _____ café da manhã almoço lanche jantar
 outros _____ espera para embarque/desembarque jogos compras

Que tipo de atividade desenvolvidas você está desenvolvendo ou desenvolve com maior frequência neste ambiente? (marque quantas opções desejar)

- convívio social
 encontro com amigos e familiares
 recreação com filhos
 trabalho
 estudo
 leitura
 uso de computadores
 reuniões
 lazer
 assistir filmes
 café da manhã
 almoço
 lanche
 jantar
 espera para embarque/desembarque
 jogos
 compras
 outros _____

Esta é uma questão que poderia ter dado mais liberdade de resposta ou outra forma de apresentação, talvez como uma lista seqüencial de atividades e não uma subdivisão por um tema, como por exemplo: trabalho: estudo, leitura, uso de computadores, etc... Poderia ter ficado mais claro se cada uma destas opções fosse um item a ser marcado individualmente. Além de dificultar a marcação das respostas, este tipo de estruturação da pergunta dificulta também a tabulação dos dados.

questão nº 4:

4. De maneira geral, como você avalia o nível de iluminação deste ambiente?
Nível de Iluminação

(baixo) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | (alto)

Esta é uma questão objetiva e que tem o importante papel de apresentar o tema da investigação ao entrevistado. Foi de fácil e rápida assimilação, gerando respostas satisfatórias. A utilização de escala para avaliação do nível de iluminação facilitou as respostas e foi corretamente.

questões nº 5 e 6:

5. Do seu posto, você observa alguma área de sombra no ambiente?

Áreas de sombra

| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
 (nenhuma) (muitas)

**6. Do seu posto, você observa alguma área de iluminação intensa no ambiente?
Áreas de iluminação intensa**

(nenhuma) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | (muitas)

Aqui as escalas poderiam ter sido dispensadas ou as perguntas deveriam ter sido utilizadas apenas para identificar a percepção dos níveis de sombra ou iluminação intensa observada no ambiente. Este tipo de pergunta provocou certa confusão no entrevistado quanto à valoração das escalas e conceitos de sombra e áreas de iluminação intensa, principalmente por ser apresentada após a pergunta que avalia o nível de iluminação percebido pelo usuário na questão 4. Assim é sugerida a reformulação geral da pergunta para o exemplo abaixo, o que simplificaria a compreensão do usuário e a tabulação dos dados:

Relacione o que pode ser percebido no ambiente em que você se encontra:

() áreas de sombra () áreas de iluminação intensa () elementos de cores fortes

questões nº 7 e 8:

7. Você já observou reflexos ou clarões que incomodam em algum lugar deste ambiente?
 sim não

8. Em caso positivo, quais foram estes locais?

No questionário atual as questões 7 e 8 ficaram repetitivas, porém é uma pergunta mais objetiva que, uma vez retiradas as questões 5 e 6, ficam satisfatórias no contexto.

questão nº 9:

9. O que você acha da luz que vem do sol (luz natural)? (marque quantas opções desejar)

agradável _____ satisfatória para as atividades desenvolvidas
 define com fidelidade a cor dos objetos
 varia conforme as horas do dia
 outros _____

incômoda _____ muito clara
 satisfatória somente para algumas atividades
 esquenta os ambientes
 outros _____

Para esta questão seria recomendável não direcionar para o que é agradável ou incômodo e apenas colocar uma seqüência de itens direta para facilitar a marcação das respostas e tabulação dos dados. Sugere-se sua reformulação para:

O que você acha da luz que vem do sol (luz natural)? (marque quantas opções desejar)

satisfatória para as atividades desenvolvidas
 define com fidelidade a cor dos objetos

- varia conforme as horas do dia
- muito clara
- satisfatória somente para algumas atividades
- esquentar os ambientes
- outros _____

questão nº 10:

10. Neste ambiente você identifica elementos capazes de barrar a luz direta que vem do sol? (marque quantas opções desejar)

- elementos fixos _____
- vegetação
- elementos vazados (blocos, cobogós)
- outros _____

- equipamentos móveis _____
- persianas
- cortinas
- toldos
- brises
- outros _____

Esta foi uma questão que requereu explicações para praticamente todos os entrevistados. Em primeiro lugar os termos utilizados nem sempre são identificados de imediato pelos entrevistados. Para a grande maioria das pessoas o próprio edifício é o responsável por barrar a luz, o que indicaria a sua reformulação.

11. Neste ambiente você identifica elementos capazes de barrar a luz direta que vem do sol? (marque quantas opções desejar)

- paredes
- lajes
- cobertura
- marquises
- elementos vazados (blocos, cobogós)
- outros elementos arquitetônicos _____
- vegetação
- persianas
- cortinas
- toldos
- brises
- outros _____

As demais questões mostraram-se satisfatórias do ponto de vista de compreensão do entrevistado e de clareza nas repostas e na forma de perguntar. Vale ressaltar a importância da inter-relação que existe entre os dados obtidos com os questionários para perceber o papel da iluminação na satisfação e conforto do usuário ao realizar suas atividades.

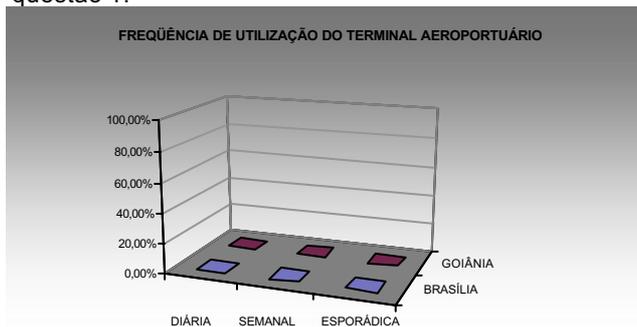
Certas perguntas analisadas isoladamente parecem não alcançar o objetivo pleno do que se quer saber, uma vez que as respostas podem sofrer interferência de idade, nível sócio-cultural, tipo de atividade exercida e, principalmente, do local onde a pessoa está sendo entrevistada, dados estes levantados ao longo do questionário. Estes dados podem requerer o cruzamento de mais de uma informação ou mesmo o agrupamento de certos itens que facilitem a análise e compreensão do todo. Um exemplo seria analisar

separadamente os questionários respondidos no térreo daqueles realizados no terraço panorâmico do Aeroporto de Brasília, cujas opiniões são bastante distintas e pode mascarar um resultado global.

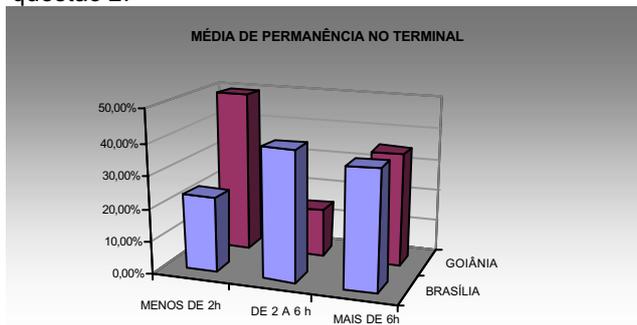
Outra questão que poderia ser incluída no questionário seria a relação da iluminação natural com o conforto térmico. Como se dá a percepção dos usuários nos locais em que ela está sendo utilizada. O que ele vê como vantagem/desvantagem. Em que locais se identifica conforto ou desconforto térmico em virtude desta relação. Qual a relação com o partido arquitetônico adotado.

APÊNDICE D
Tabulação dos questionários por pergunta

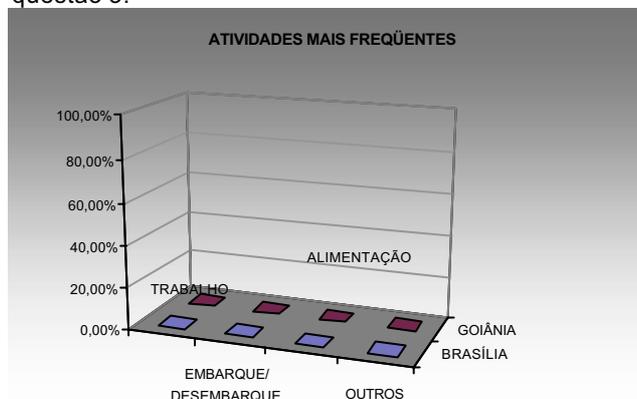
questão 1:



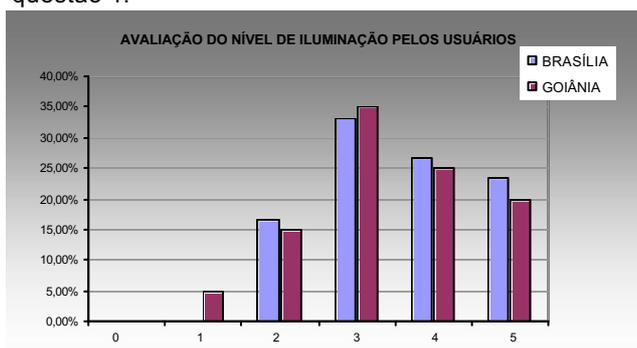
questão 2:



questão 3:



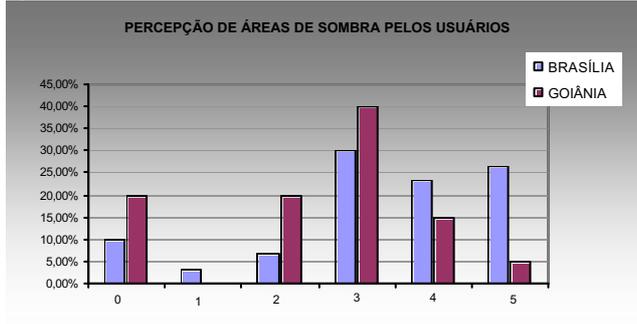
questão 4:



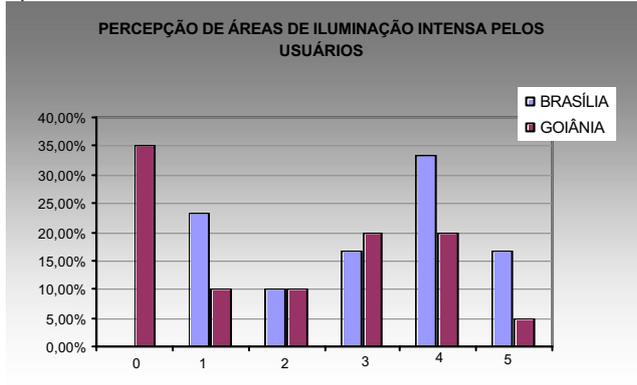
APÊNDICE D

Tabulação dos questionários por pergunta

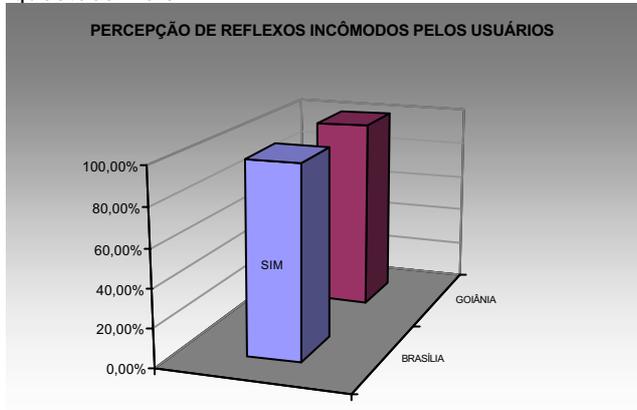
questão 5:



questão 6:

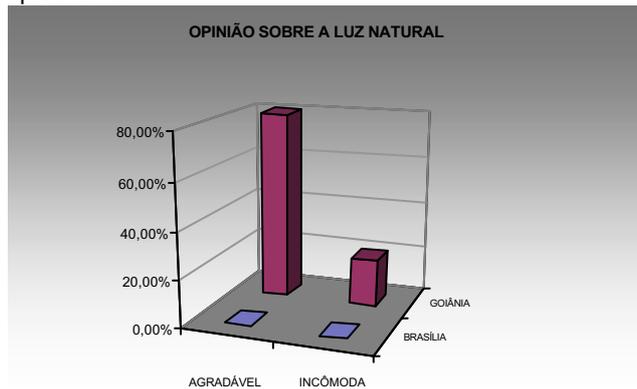


questões 7 e 8:



OBS: VERIFICAR OS LOCAIS DE MAIOR PERCEPÇÃO DOS REFLEXOS

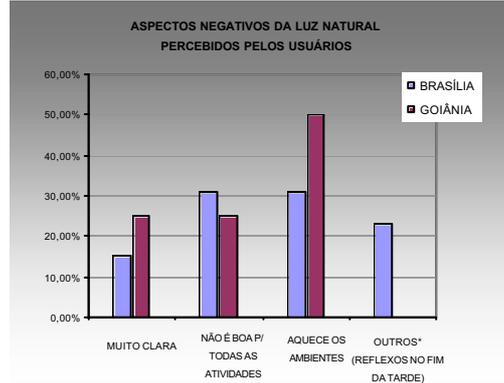
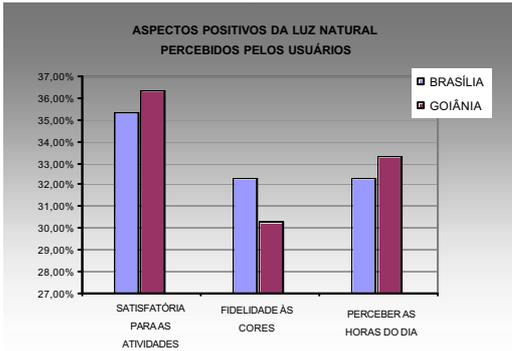
questão 9:



APÊNDICE D Tabulação dos questionários por pergunta

248

desdobramentos da questão 9:



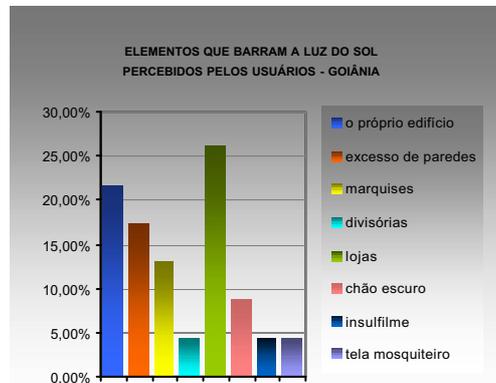
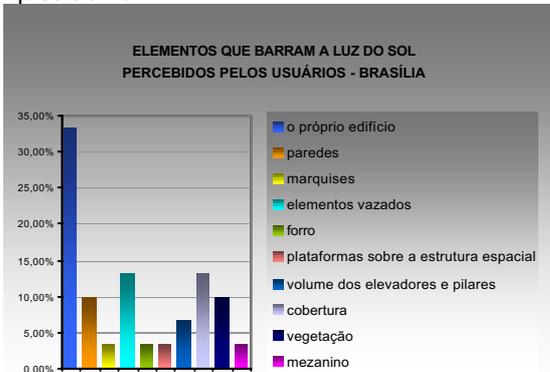
OUTROS ASPECTOS NEGATIVOS LEVANTADOS PELOS USUÁRIOS - AIB

Reflexos após as 16h

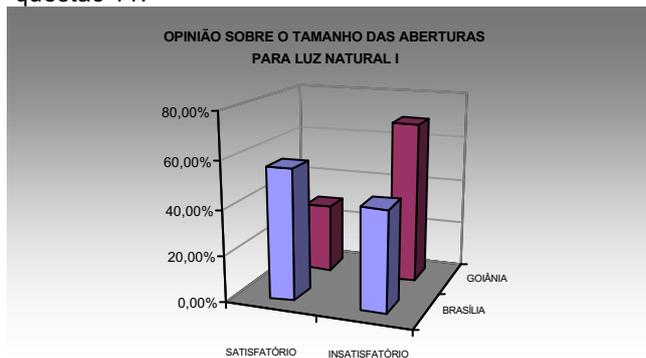
Depende do mês ou da estação do ano

Reflexos no final da tarde

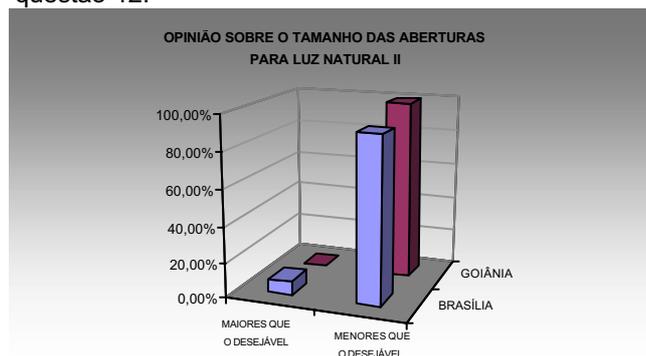
questão 10:



questão 11:

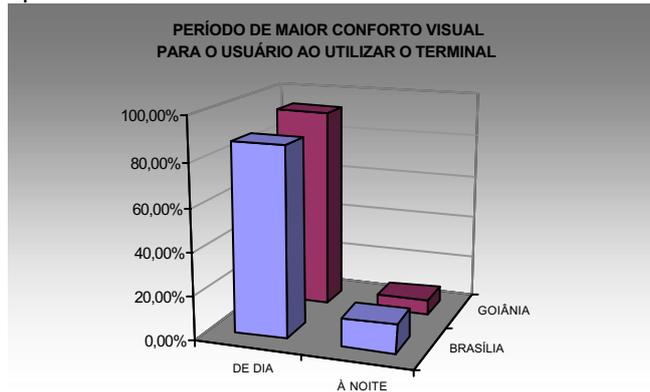


questão 12:



APÊNDICE D
Tabulação dos questionários por pergunta

questão 13:



questão 14:

JUSTIFICATIVAS - BRASÍLIA

quem escolheu o dia

- porque usa a luz natural junto com a artificial
- porque associa a luz natural com a artificial
- à noite não são acesas todas as lâmpadas, fica escuro o ambiente
- para ver o pôr-do-sol e porque a luz da noite prejudica um pouco a visão
- porque o ambiente fica mais claro
- porque a visualização fica bem melhor
- porque a vista fica menos cansada
- porque é mais agradável
- porque à noite é mais deserto
- por causa da segurança
- pela quantidade de luz
- porque fica mais fácil de observar e ver as coisas
- porque é sempre melhor para realizar as atividades
- porque estaria economizando recursos
- porque com a luz natural não é necessário acender a luz das vitrines, que esquentam os produtos (chocolates)

quem escolheu a noite

- porque a luz fica mais distribuída e todas as lâmpadas ficam acesas
- porque a iluminação fica mais bonita
- porque o ambiente fica melhor com relação à luz

JUSTIFICATIVAS - GOIÂNIA

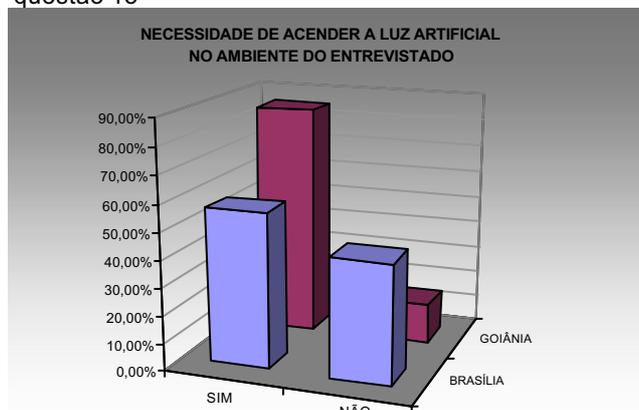
quem escolheu o dia

- mais claridade, o insulfilme dá mais privacidade e deixa mais escuro à noite
- porque à noite é muito mais escuro
- por causa da iluminação natural
- porque é mais agradável ao usuário
- sem motivo, apenas porque viaja mais durante o dia
- porque tem maior conforto visual
- não interfere, tanto faz.
- a claridade que vem da janela ajuda a realizar as atividades
- tanto faz, porque é a mesma luz
- à noite fica meio apagado, embaçado
- a luz do dia é sempre melhor, apesar de não fazer muita diferença
- à noite fica muito escuro
- a luz natural mesmo não sendo muita neste lugar, ajuda a ficar melhor
- porque a luz fica um pouco mais agradável

quem escolheu a noite

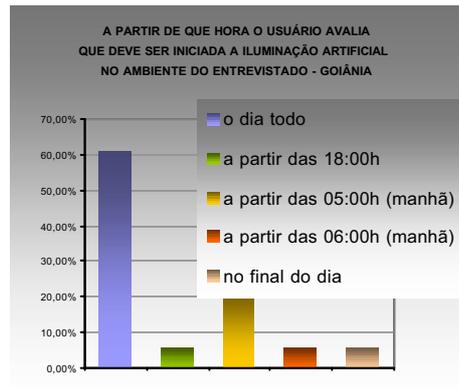
- porque tem menos calor, menos gente

questão 15



APÊNDICE D
Tabulação dos questionários por pergunta

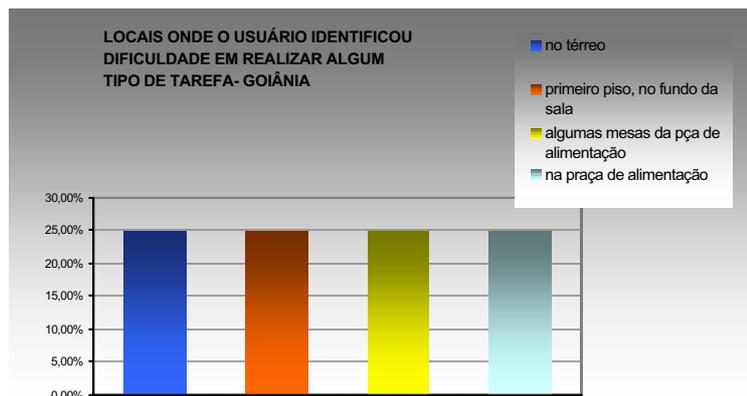
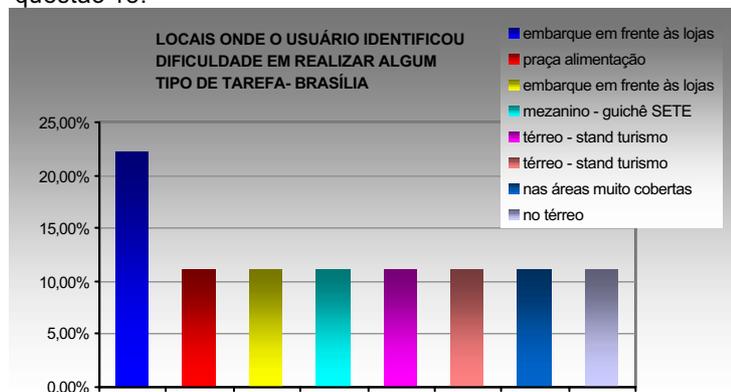
questão 16:



questão 17:

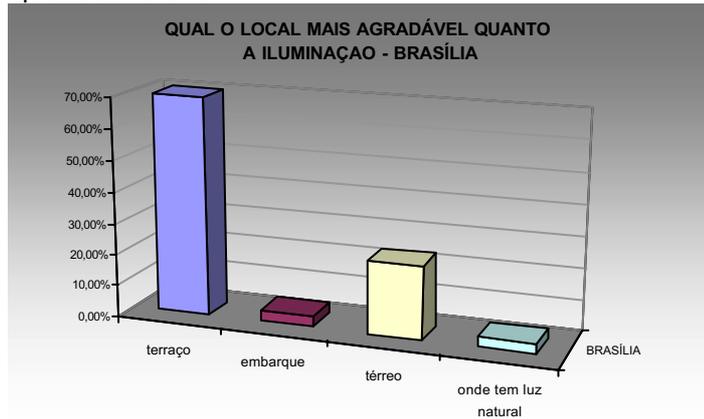


questão 18:



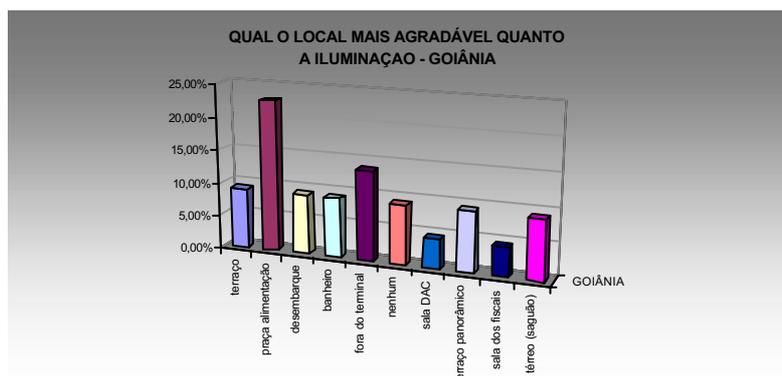
APÊNDICE D
Tabulação dos questionários por pergunta

questões 19 e 20:



locais escolhidos/ porque:

- área de embarque vidros grandes
- terraço melhor iluminação
- terraço é claro, tem vidraças e boa ventilação
- terraço abertura das janelas, mais claridade
- térreo - próximo ao grão-café a luz lá é melhor
- terraço - próximo às lojas a luz é intensa
- terraço dá a sensação de estar ao ar livre sem estar exposta ao vento e à poeira
- terraço com vista para a pista exposição dos vitrais a visão não é muito agressiva
- terraço as cores brancas do espaço tornam o ambiente mais claro
- terraço a iluminação não incomoda
- térreo tem várias possibilidades de claridade
- a parte da frente (térreo) a luz é mais agradável porém é mais difícil ficar lá
- terraço porque tem a claridade natural
- terraço é o espaço mais amplo, mais bem iluminado, mais arejado, com mais atrativos
- terraço tem a claridade melhor
- terraço é mais aberto, ventila bastante
- terraço é bem iluminado, os vidros permitem mais visibilidade
- térreo o lugar é bem agradável e tem bastante luz
- térreo porque não é quente
- terraço não declarou
- aonde tem luz natural pela segurança, fica mais acolhedor e agradável
- terraço a iluminação é melhor
- terraço tem mais iluminação
- terraço tem mais claridade
- terraço lá é mais aberto: a iluminação no local de trabalho é cansativa
- térreo é mais agradável
- térreo lá é mais claro
- terraço recebe muita iluminação natural
- terraço tem mais presença de luz



APÊNDICE D

Tabulação dos questionários por pergunta

locais escolhidos/ porque:

nenhum
 praça de alimentação
 praça de alimentação
 praça de alimentação
 praça de alimentação

 praça de alimentação
 cadeiras próx ao desembarque

 cadeiras próx ao desembarque
 cadeiras próx ao desembarque
 banheiro do saguão
 banheiro do saguão
 fora do terminal

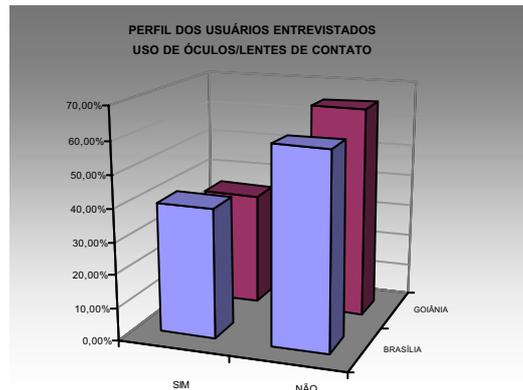
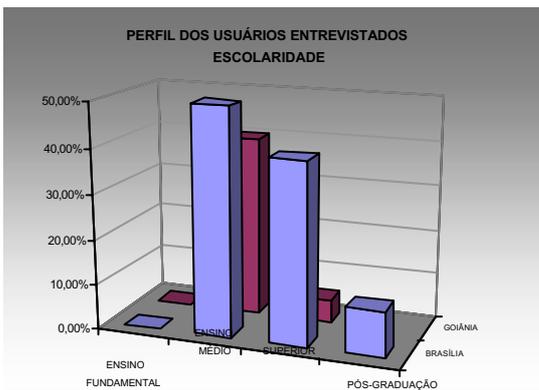
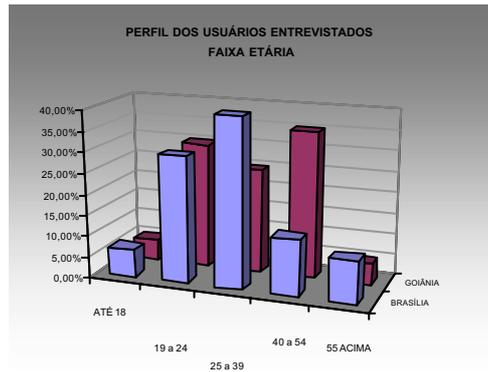
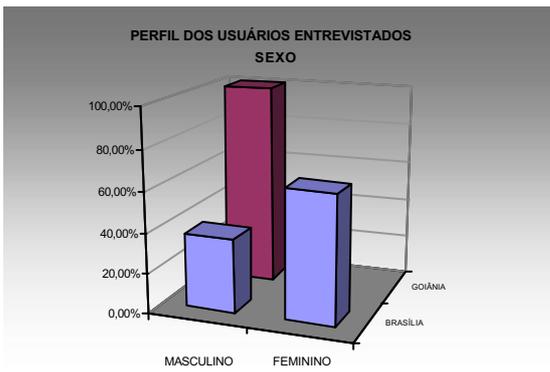
 na sala do DAC
 terraço
 terraço
 sala dos fiscais próx ao pátio
 saguão
 saguão

porque ou está muito escuro ou muito claro
 porque tem a luz das lojas
 porque só esteve naquele local
 é o ambiente mais amplo, com mais luz
 pq além da claridade que vem das janelas a iluminação
 é boa, os outros locais são escuros

 porque as janelas colaboram com a iluminação do local
 tem abertura maior, mais visibilidade para o meio externo
 portas de vidro

 tem a porta de vidro grande, mais luz natural
 a luz é mais agradável, entra uma luz mais suave
 a luz de lá é mais clara
 a iluminação é melhor

 aqui (praça alimentação) parece ser o mais claro e ainda
 temos dificuldade de ler. No saguão é pior ainda
 tem boa vista da pista. Sempre que vou ler vou pra lá
 recebe a luz natural com maior intensidade
 tem menos gente, menos abafado, mais luz
 tem maior incidência de luz natural
 tem a iluminação mais distribuída
 porque no terraço fica muito quente, não tem aonde senta



APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

253

1- Aeroporto Internacional de Brasília (AIB)

Data da aplicação: 21/07/2006

Horário: matutino e vespertino

Local: Térreo , mezanino e terraço panorâmico (praça de alimentação)

Quantidade aplicada: 30 questionários

PERGUNTA Nº 4:

Assunto: avaliação do nível de iluminação

0	0	0,00%	0	0	0,00%
1	0	0,00%	1	0	0,00%
2	2	22,22%	2	1	20,00%
3	3	33,33%	3	1	20,00%
4	4	44,44%	4	1	20,00%
5	0	0,00%	5	2	40,00%
	9	100,00%		5	100,00%
TÉRREO PASSAGEIROS			TRABALHADORES		

0	0	0,00%	0	0	0,00%
1	0	0,00%	1	0	0,00%
2	1	25,00%	2	1	33,33%
3	1	25,00%	3	1	33,33%
4	1	25,00%	4	0	0,00%
5	1	25,00%	5	1	33,33%
	4	100,00%		3	100,00%
EMBARQUE/MEZANIN PASSAGEIROS			TRABALHADORES		

0	0	0,00%	0	0	0,00%
1	0	0,00%	1	0	0,00%
2	0	0,00%	2	0	0,00%
3	1	50,00%	3	3	50,00%
4	0	0,00%	4	2	33,33%
5	1	50,00%	5	1	16,67%
	2	100,00%		6	100,00%
PÇA ALIMENTAÇÃO PASSAGEIROS			TRABALHADORES		

PERGUNTA Nº 5:

Assunto: quantidade de áreas de sombra

0	0	0,00%	0	1	20,00%
1	0	0,00%	1	0	0,00%
2	0	0,00%	2	0	0,00%
3	3	33,33%	3	2	40,00%
4	2	22,22%	4	2	40,00%
5	4	44,44%	5	0	0,00%
	9	100,00%		5	100,00%
TÉRREO PASSAGEIROS			TRABALHADORES		

0	0	0,00%	0	0	0,00%
1	0	0,00%	1	0	0,00%
2	0	0,00%	2	0	0,00%
3	2	50,00%	3	1	33,33%
4	1	25,00%	4	0	0,00%
5	1	25,00%	5	2	66,67%
	4	100,00%		3	100,00%
EMBARQUE/MEZANINO PASSAGEIROS			TRABALHADORES		

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

254

0	0	0,00%	0	2	33,33%
1	0	0,00%	1	1	16,67%
2	1	50,00%	2	1	16,67%
3	0	0,00%	3	1	16,67%
4	0	0,00%	4	1	16,67%
5	1	50,00%	5	0	0,00%
	2	100,00%		6	100,00%

PÇA ALIMENTAÇÃO **PASSAGEIROS**

TRABALHADORES

PERGUNTA Nº 6:

Assunto: quantidade de áreas de iluminação intensa

0	0	0,00%	0	1	20,00%
1	0	0,00%	1	1	20,00%
2	2	22,22%	2	1	20,00%
3	7	77,78%	3	0	0,00%
4	0	0,00%	4	2	40,00%
5	0	0,00%	5	0	0,00%
	9	100,00%		5	100,00%

TÉRREO **PASSAGEIROS**

TRABALHADORES

0	1	25,00%	0	2	66,67%
1	1	25,00%	1	0	0,00%
2	1	25,00%	2	0	0,00%
3	0	0,00%	3	1	33,33%
4	1	25,00%	4	0	0,00%
5	0	0,00%	5	0	0,00%
	4	100,00%		3	100,00%

EMBARQUE/MEZANINO **PASSAGEIROS**

TRABALHADORES

0	0	0,00%	0	3	50,00%
1	0	0,00%	1	1	16,67%
2	0	0,00%	2	1	16,67%
3	1	50,00%	3	1	16,67%
4	1	50,00%	4	0	0,00%
5	0	0,00%	5	0	0,00%
	2	100,00%		6	100,00%

PÇA ALIMENTAÇÃO **PASSAGEIROS**

TRABALHADORES

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

PERGUNTAS Nº 7 e 8:

255

Assunto: presença de reflexos que incomodam

sim	0	0,00%	* 1	20,00%
não	9	100,00%	4	80,00%
	9	100,00%	5	100,00%

*no guichê de trabalho (térreo - guichê de turismo) - porque pega o sol de frente no período da tarde

TÉRREO	PASSAGEIROS		TRABALHADORES	
sim*	2	50,00%	1	33,33%
não	2	50,00%	2	66,67%
	4	100,00%	3	100,00%

* no piso e nas lojas (a iluminação intensa das lojas reflete no piso e incomoda)

*atrás do guichê entre 14:30 e 17:30h, atrapalha ler o que está na tela do computador (Guichê da Sete)

no piso

EMBARQUE/MEZANINO	PASSAGEIROS		TRABALHADORES	
sim	0	0,00%	* 3	50,00%
não	2	100,00%	3	50,00%
	2	100,00%	6	100,00%

* no caixa da lanchonete (inclusive com reclamação dos clientes)

na praça de alimentação (somente no poente)

no quiosque de sorvetes da praça de alimentação (somente no sol da tarde)

PÇA ALIMENTAÇÃO	PASSAGEIROS		TRABALHADORES	
-----------------	-------------	--	---------------	--

PERGUNTA Nº 9:

Assunto: opinião sobre a luz natural

aspectos agradáveis:

a. satisfatória para as atividades desenvolvidas	7	35,00%	4	44,44%
b. define com fidelidade a cor dos objetos	6	30,00%	3	33,33%
c. varia conforme a luz do dia	7	35,00%	2	22,22%
	20	100,00%	9	100,00%

aspectos incômodos

a. muito clara	0	0,00%	0	0,00%
b. satisfatória somente para algumas atividades	1	50,00%	1	50,00%
esquenta os ambientes	1	50,00%	1	50,00%
	0	0,00%	0	0,00%
	2	100,00%	2	100,00%

TÉRREO	PASSAGEIROS		TRABALHADORES	
--------	-------------	--	---------------	--

aspectos agradáveis:

a. satisfatória para as atividades desenvolvidas	4	36,36%	2	50,00%
b. define com fidelidade a cor dos objetos	3	27,27%	1	25,00%
c. varia conforme a luz do dia	4	36,36%	1	25,00%
	11	100,00%	4	100,00%

aspectos incômodos

a. muito clara	0	0,00%	0	0,00%
b. satisfatória somente para algumas atividades	0	0,00%	1	100,00%
esquenta os ambientes	0	0,00%	0	0,00%
	0	0,00%	0	0,00%
			1	100,00%

EMBARQUE/MEZANINO	PASSAGEIROS		TRABALHADORES	
-------------------	-------------	--	---------------	--

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

aspectos agradáveis: 256

a. satisfatória para as atividades desenvolvidas	2	33,33%	6	37,50%
b. define com fidelidade a cor dos objetos	2	33,33%	5	31,25%
c. varia conforme a luz do dia	2	33,33%	5	31,25%
	6	100,00%	16	100,00%

aspectos incômodos

a. muito clara	0	0,00%	2	66,67%
b. satisfatória somente para algumas atividades	0	0,00%	0	0,00%
esquenta os ambientes	0	0,00%	1	33,33%
	0	0,00%	3	100,00%

outros

Reflexos após as 16h

Depende do mês ou da estação do ano

Reflexos no final da tarde

PÇA ALIMENTAÇÃO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

PERGUNTA Nº 10:

Assunto: identificação de elementos que barram a luz do sol

vegetação	2	22,22%	vegetação	1	25,00%
elementos vazados	4	44,44%	cobertura	1	25,00%
a edificação	2	22,22%	marquises	1	25,00%
mezanino	1	11,11%	a edificação	1	25,00%
	9	100,00%		4	100,00%

TÉRREO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

a edificação	4	100,00%	elem. Vazados	1	20,00%
		0,00%	cobertura	1	20,00%
		0,00%	a edificação	3	60,00%
	4	100,00%		5	100,00%

EMBARQUE/MEZANINO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

a edificação	2	100,00%	pilares	1	16,67%
			a edificação	2	33,33%
	2	100,00%	estrutura espacial	1	16,67%
			elevadores e pilare	1	16,67%
			cobertura	1	16,67%
				6	100,00%

PÇA ALIMENTAÇÃO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

PERGUNTAS Nº 11/12:

Assunto: opinião sobre o tamanho das aberturas

ideal	2	22,22%	ideal	4	80,00%
maior que o desejável	1	11,11%	maior que o desejável	0	0,00%
menor que o desejável	6	66,67%	menor que o desejável	1	20,00%
	9	100,00%		5	100,00%

TÉRREO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

ideal	2	50,00%	ideal	1	33,33%
maior que o desejável	0	0,00%	maior que o desejável	0	0,00%
menor que o desejável	2	50,00%	menor que o desejável	2	66,67%
	4	100,00%		3	100,00%

EMBARQUE/MEZANINO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

ideal	2	100,00%	ideal	5	83,33%
maior que o desejável	0	0,00%	maior que o desejável	0	0,00%
menor que o desejável	0	0,00%	menor que o desejável	1	16,67%
	2	100,00%		6	100,00%

PÇA ALIMENTAÇÃO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

257

PERGUNTAS Nº 13/14:

Assunto: usa o ambiente tanto de dia como de noite?

sim	5	55,56%	sim	5	100,00%
não	4	44,44%	não	0	0,00%
	9	100,00%		5	100,00%
se sim , o que é melhor:			se sim , o que é melhor:		
dia	5	100,00%	dia	2	40,00%
noite	0	0,00%	noite	3	60,00%
	5	100,00%		5	100,00%

motivos das respostas (DIA)

pela quantidade de luz
por causa da segurança
porque estaria economizando recursos
porque é sempre melhor para realizar as atividades

motivos das respostas (DIA)

porque é mais agradável
porque fica mais fácil de observar e ver as coisas
(NOITE)
porque a luz fica mais distribuída e todas as lâmpadas ficam acesas
porque a iluminação fica mais bonita
porque o ambiente fica melhor com relação à luz

TÉRREO PASSAGEIROS TRABALHADORES

sim	3	75,00%	sim	3	100,00%
não	1	25,00%	não	0	0,00%
	4	100,00%		3	100,00%
se sim , o que é melhor:			se sim , o que é melhor:		
dia	3	100,00%	dia	3	100,00%
noite	0	0,00%	noite	0	0,00%
	3	100,00%		3	100,00%

motivos das respostas (DIA)

porque a visualização fica bem melhor

motivos das respostas (DIA)

porque usa a luz natural junto com a artificial
porque associa a luz natural com a artificial
porque a vista fica menos cansada

EMBARQUE/MEZANINO PASSAGEIROS TRABALHADORES

sim	0	0,00%	sim	6	100,00%
não	2	100,00%	não	0	0,00%
	2	100,00%		6	100,00%
se sim , o que é melhor:			se sim , o que é melhor:		
dia	0	0,00%	dia	6	100,00%
noite	0	0,00%	noite	0	0,00%
	0	0,00%		6	100,00%

motivos das respostas (DIA)

porque com a luz natural não é necessário acender a luz das vitrines, que esquentam os produtos (chocolates)
porque à noite não são acesas todas as lâmpadas, fica escuro o ambiente
para ver o pôr-do-sol e porque a luz da noite prejudica um pouco porque o ambiente fica mais claro

PÇA ALIMENTAÇÃO PASSAGEIROS TRABALHADORES

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

PERGUNTAS Nº 15/16:

258

Assunto: é necessário o uso de iluminação artificial quando utiliza o ambiente?

sim	6	66,67%	sim	2	50,00%
não	3	33,33%	não	2	50,00%
	9	100,00%		4	100,00%

se **sim**, a partir de que hora?

06:00; 07:00; 10:00; 17:00; 18:00

se **sim**, a partir de que hora?

06:00; 07:00

TÉRREO			PASSAGEIROS			TRABALHADORES		
sim	6	66,67%	sim	2	50,00%			
não	3	33,33%	não	2	50,00%			
	9	100,00%		4	100,00%			

se **sim**, a partir de que hora?

depende da estação do ano

o dia todo

16 horas

se **sim**, a partir de que hora?

o dia todo

EMBARQUE/MEZANINO			PASSAGEIROS			TRABALHADORES		
sim	0	0,00%	sim	4	66,67%			
não	2	100,00%	não	2	33,33%			
	2	100,00%		6	100,00%			

se **sim**, a partir de que hora?

06:00; 07:00; 10:00; 17:00; 18:00

se **sim**, a partir de que hora?

18:00; 19:30

o dia todo, só nos alimentos

PÇA ALIMENTAÇÃO			PASSAGEIROS			TRABALHADORES		
-----------------	--	--	-------------	--	--	---------------	--	--

PERGUNTAS Nº 17/18:

Assunto: encontrou dificuldade para realizar alguma tarefa c/ relação à visibilidade?

sim	2	25,00%	sim	1	25,00%
não	6	75,00%	não	3	75,00%
	8	100,00%		4	100,00%

aonde?

nas áreas muito cobertas

no térreo

aonde?

no local da entrevista - a partir das 16:00h - reflexos incômodos

TÉRREO			PASSAGEIROS			TRABALHADORES		
sim	1	25,00%	sim	2	66,67%			
não	3	75,00%	não	1	33,33%			
	4	100,00%		3	100,00%			

aonde?

no local da entrevista - dificuldade para leitura

aonde?

no local da entrevista - dificuldade para vender maquiagem (identificação das cores)

no local da entrevista - entre 14:00 e 17:00h

EMBARQUE/MEZANINO			PASSAGEIROS			TRABALHADORES		
sim	0	0,00%	sim	1	20,00%			
não	2	100,00%	não	4	80,00%			
	2	100,00%		5	100,00%			

aonde?

aonde?

à noite os clientes não enxergam bem o cardápio nas mesas (iluminação artificial)

PÇA ALIMENTAÇÃO			PASSAGEIROS			TRABALHADORES		
-----------------	--	--	-------------	--	--	---------------	--	--

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

PERGUNTAS Nº 19:

259

Assunto: Qual o local mais agradável quanto à iluminação?

terraço	4	44,44%	terraço	4	80,00%
embarque	1	11,11%	térreo	1	20,00%
térreo	2	22,22%		5	100,00%
aonde tem luz natural	1	11,11%			
nos correios	1	11,11%			
	9	100,00%			

porque:

terraço	não justificou
terraço	tem mais presença de luz
terraço	tem mais iluminação
terraço	recebe muita iluminação natural
embarque	tem vidros grandes
térreo	é agradável e tem bastante luz
térreo	não é quente
aonde tem luz natural	segurança; fica mais acolhedor e agradável
nos correios	é mais claro

porque:

terraço	a iluminação é melhor
terraço	tem mais claridade
terraço	é mais aberto
terraço	é mais aberto e ventila bastante
térreo	é mais agradável

TÉRREO PASSAGEIROS TRABALHADORES

terraço	2	50,00%	terraço	3	100,00%
térreo	2	50,00%	térreo	0	0,00%
	4	100,00%		3	100,00%

porque:

terraço	é o espaço mais amplo, mais bem iluminado, mais arejado, com mais
terraço	porque tem a claridade natural
térreo	tem várias possibilidades de claridade a parte da frente (tér a luz é mais agradável porém é mais difícil ficar lá

porque:

terraço	tem melhor iluminação é claro, tem vidraças e boa ventilação
terraço	tem a claridade melhor

EMBARQUE/MEZANINO PASSAGEIROS TRABALHADORES

terraço	2	100,00%	terraço	5	83,33%
	2	100,00%	térreo	1	16,67%
				6	100,00%

porque:

terraço	a iluminação não incomoda
terraço	não justificou

porque:

terraço	abertura das janelas, mais claridade
terraço - próximo às lojas	a luz é intensa
terraço com vista para a pista	exposição dos vitrais a visão não é muito agressiva
terraço	as cores brancas do espaço tornam o ambiente mais dá a sensação de estar ao ar livre sem estar exposta ao vento e à poeira
terraço	a luz lá é melhor
térreo - próximo ao grão-café	

PÇA ALIMENTAÇÃO PASSAGEIROS TRABALHADORES

terraço	é bem iluminado, os vidros permitem mais visibilidade
térreo	o lugar é bem agradável e tem bastante luz
terraço	não declarou
aonde tem luz natural	pela segurança, fica mais acolhedor e agradável
terraço	tem mais claridade
terraço	lá é mais aberto: a iluminação no local de trabalho é cansativa
térreo	lá é mais claro
terraço	recebe muita iluminação natural

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

260

Dados Pessoais					
Sexo					
masculino	6	66,67%	masculino	2	40,00%
feminino	3	33,33%	feminino	3	60,00%
	9	100,00%		5	100,00%
Idade			Idade		
abaixo de 18 anos	0	0,00%	abaixo de 18 anos	0	0,00%
19 a 24 anos	2	22,22%	19 a 24 anos	3	60,00%
25 a 39 anos	3	33,33%	25 a 39 anos	2	40,00%
40 a 54 anos	2	22,22%	40 a 54 anos	0	0,00%
acima de 55 anos	2	22,22%	acima de 55 anos	0	0,00%
	9	100,00%		5	100,00%
Escolaridade			Escolaridade		
Ensino Fundamental	0	0,00%	Ens. Fundamental	0	0,00%
Ensino Médio	2	22,22%	Ensino Médio	3	60,00%
Ensino Superior	6	66,67%	Ensino Superior	2	40,00%
Pós-Graduação	1	11,11%	Pós-Graduação	0	0,00%
	9	100,00%		5	100,00%
Uso de óculos/ lentes de contato			Uso de óculos/ lentes de contato		
sim	4	44,44%	sim	3	60,00%
não	5	55,56%	não	2	40,00%
	9	100,00%		5	100,00%
TÉRREO		PASSAGEIROS		TRABALHADORES	

Dados Pessoais					
Sexo					
masculino	2	50,00%	masculino	0	0,00%
feminino	2	50,00%	feminino	3	100,00%
	4	100,00%		3	100,00%
Idade			Idade		
abaixo de 18 anos	0	0,00%	abaixo de 18 anos	2	66,67%
19 a 24 anos	0	0,00%	19 a 24 anos	0	0,00%
25 a 39 anos	2	50,00%	25 a 39 anos	1	33,33%
40 a 54 anos	1	25,00%	40 a 54 anos	0	0,00%
acima de 55 anos	1	25,00%	acima de 55 anos	0	0,00%
	4	100,00%		3	100,00%
Escolaridade			Escolaridade		
Ensino Fundamental	0	0,00%	Ens. Fundamental	0	0,00%
Ensino Médio	3	75,00%	Ensino Médio	3	100,00%
Ensino Superior	0	0,00%	Ensino Superior	0	0,00%
Pós-Graduação	1	25,00%	Pós-Graduação	0	0,00%
	4	100,00%		3	100,00%
Uso de óculos/ lentes de contato			Uso de óculos/ lentes de contato		
sim	3	75,00%	sim	1	33,33%
não	1	25,00%	não	2	66,67%
	4	100,00%		3	100,00%
EMBARQUE/MEZANINO		PASSAGEIROS		TRABALHADORES	

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

261

Dados Pessoais					
Sexo					
masculino	0	0,00%	masculino	1	20,00%
feminino	2	100,00%	feminino	4	80,00%
	2	100,00%		5	100,00%
Idade			Idade		
					261
abaixo de 18 anos	0	0,00%	abaixo de 18 anos	0	0,00%
19 a 24 anos	0	0,00%	19 a 24 anos	4	80,00%
25 a 39 anos	1	50,00%	25 a 39 anos	1	20,00%
40 a 54 anos	1	50,00%	40 a 54 anos	0	0,00%
acima de 55 anos	0	0,00%	acima de 55 anos	0	0,00%
	2	100,00%		5	100,00%
Escolaridade			Escolaridade		
Ensino Fundamental	0	0,00%	Ens. Fundamental	0	0,00%
Ensino Médio	1	50,00%	Ensino Médio	2	40,00%
Ensino Superior	1	50,00%	Ensino Superior	3	60,00%
Pós-Graduação	0	0,00%	Pós-Graduação	0	0,00%
	2	100,00%		5	100,00%
Uso de óculos/ lentes de contato			Uso de óculos/ lentes de contato		
sim	1	50,00%	sim	0	0,00%
não	1	50,00%	não	5	100,00%
	2	100,00%		5	100,00%
PÇA ALIMENTAÇÃO PASSAGEIROS			TRABALHADORES		

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

2- Aeroporto Santa Genoveva - Goiânia/GO (ASG)

262

Data da aplicação:

Horário: matutino e vespertino

Local: Térreo - praça de alimentação e saguão - e terraço panorâmico (pav. Superior)

Quantidade aplicada: 20 questionários

PERGUNTA Nº 4:

Assunto: avaliação do nível de iluminação

0	0	0,00%	0	0	0,00%
1	0	0,00%	1	1	20,00%
2	2	22,22%	2	0	0,00%
3	6	66,67%	3	0	0,00%
4	1	11,11%	4	1	20,00%
5	0	0,00%	5	3	60,00%
	9	100,00%		5	100,00%
PÇA ALIMENTAÇÃO PASSAGEIROS			TRABALHADORES		

0	0	0,00%	0	0	0,00%
1	0	0,00%	1	0	0,00%
2	0	0,00%	2	0	0,00%
3	0	0,00%	3	1	50,00%
4	3	100,00%	4	0	0,00%
5	0	0,00%	5	1	50,00%
	3	100,00%		2	100,00%
TERRAÇO PANORÂM PASSAGEIROS			TRABALHADORES		

0	0	0,00%			
1	0	0,00%			
2	1	100,00%			
3	0	0,00%			
4	0	0,00%			
5	0	0,00%			
	1	100,00%			
SAGUÃO PASSAGEIROS			TRABALHADORES		

PERGUNTA Nº 5:

Assunto: quantidade de áreas de sombra

0	0	0,00%	0	2	40,00%
1	0	0,00%	1	0	0,00%
2	2	22,22%	2	0	0,00%
3	6	66,67%	3	1	20,00%
4	1	11,11%	4	1	20,00%
5	0	0,00%	5	1	20,00%
	9	100,00%		5	100,00%
PÇA ALIMENTAÇÃO PASSAGEIROS			TRABALHADORES		

0	2	66,67%	0	0	0,00%
1	0	0,00%	1	0	0,00%
2	0	0,00%	2	1	50,00%
3	1	33,33%	3	0	0,00%
4	0	0,00%	4	1	50,00%
5	0	0,00%	5	0	0,00%
	3	100,00%		2	100,00%
TERRAÇO PANORÂM PASSAGEIROS			TRABALHADORES		

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

263

0	0	0,00%
1	0	0,00%
2	1	100,00%
3	0	0,00%
4	0	0,00%
5	0	0,00%
	1	100,00%

SAGUÃO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

PERGUNTA Nº 6:

Assunto: quantidade de áreas de iluminação intensa

0	2	22,22%	0	4	80,00%
1	1	11,11%	1	0	0,00%
2	2	22,22%	2	0	0,00%
3	2	22,22%	3	0	0,00%
4	2	22,22%	4	1	20,00%
5	0	0,00%	5	0	0,00%
	9	100,00%		5	100,00%

PÇA ALIMENTAÇÃO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

0	0	0,00%	0	0	0,00%
1	1	33,33%	1	0	0,00%
2	0	0,00%	2	0	0,00%
3	1	33,33%	3	1	50,00%
4	0	0,00%	4	1	50,00%
5	1	33,33%	5	0	0,00%
	3	100,00%		2	100,00%

TERRAÇO PANORÂM **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

0	1	100,00%
1	0	0,00%
2	0	0,00%
3	0	0,00%
4	0	0,00%
5	0	0,00%
	1	100,00%

SAGUÃO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

PERGUNTAS Nº 7 e 8:

264

Assunto: presença de reflexos que incomodam

sim	4	44,44%	* 3	60,00%
não	5	55,56%	2	40,00%
	9	100,00%	5	100,00%

aonde?

lojas e janelas da pça alimentação
lâmpadas e leiteiros das lojas

aonde?

janelas - no fim da tarde (3x)

janelas

	PÇA ALIMENTAÇÃO PASSAGEIROS		TRABALHADORES	
sim*	2	66,67%	1	50,00%
não	1	33,33%	1	50,00%
	3	100,00%	2	100,00%

aonde?

no terraço
ao longo da janela

aonde?

próximo aos computadores

	TERRAÇO PANORÂM PASSAGEIROS		TRABALHADORES	
sim	1	100,00%		
não	0	0,00%		
	1	100,00%		

aonde?

no balcão de chek-in

	SAGUÃO PASSAGEIROS		TRABALHADORES	
sim	1	100,00%		
não	0	0,00%		
	1	100,00%		

PERGUNTA Nº 9:

Assunto: opinião sobre a luz natural

aspectos agradáveis:

a. satisfatória para as atividades desenvolvic	7	41,18%	5	38,46%
b. define com fidelidade a cor dos objetos	4	23,53%	4	30,77%
c. varia conforme a luz do dia	6	35,29%	4	30,77%
	17	100,00%	13	100,00%

aspectos incômodos

a. muito clara	0	0,00%	0	0,00%
b. satisfatória somente para algumas ativida	1	50,00%	1	100,00%
esquenta os ambientes	1	50,00%	0	0,00%
	0	0,00%	0	0,00%
	2	100,00%	1	100,00%

	PÇA ALIMENTAÇÃO PASSAGEIROS		TRABALHADORES	
a. satisfatória para as atividades desenvolvic	3	75,00%	5	38,46%
b. define com fidelidade a cor dos objetos	1	25,00%	4	30,77%
c. varia conforme a luz do dia	0	0,00%	4	30,77%
	4	100,00%	13	100,00%

aspectos agradáveis:

a. satisfatória para as atividades desenvolvic	3	75,00%	5	38,46%
b. define com fidelidade a cor dos objetos	1	25,00%	4	30,77%
c. varia conforme a luz do dia	0	0,00%	4	30,77%
	4	100,00%	13	100,00%

aspectos incômodos

a. muito clara	0	0,00%	0	0,00%
b. satisfatória somente para algumas ativida	0	0,00%	0	0,00%
esquenta os ambientes	0	0,00%	0	0,00%
	0	0,00%	0	0,00%
	0	0,00%	0	0,00%

	TERRAÇO PANORÂM PASSAGEIROS		TRABALHADORES	
a. muito clara	0	0,00%	0	0,00%
b. satisfatória somente para algumas ativida	0	0,00%	0	0,00%
esquenta os ambientes	0	0,00%	0	0,00%
	0	0,00%	0	0,00%
	0	0,00%	0	0,00%

APÊNDICE E

Tabulação dos questionários por local e atividade

aspectos agradáveis: 265

a. satisfatória para as atividades desenvolvidas	1	0,00%
b. define com fidelidade a cor dos objetos	1	0,00%
c. varia conforme a luz do dia	0	0,00%
	0	0,00%

aspectos incômodos

a. muito clara	0	0,00%
b. satisfatória somente para algumas atividades	0	0,00%
esquenta os ambientes	0	0,00%
	0	0,00%

SAGUÃO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

PERGUNTA Nº 10:

Assunto: identificação de elementos que barram a luz do sol

piso escuro	1	7,69%	marquises	2	28,57%
o prédio	3	23,08%	tela mosquiteiro	1	14,29%
paredes	4	30,77%	o prédio	3	42,86%
lojas	5	38,46%	película solar	1	14,29%
	13	100,00%		7	100,00%

PÇA ALIMENTAÇÃO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

a edificação	0	0,00%	persianas	2	66,67%
		0,00%	divisórias	1	33,33%
	0	0,00%		3	100,00%

TERRAÇO PANORÂM **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

não identificou nenhum elemento

SAGUÃO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

PERGUNTAS Nº 11/12:

Assunto: opinião sobre o tamanho das aberturas

ideal	0	0,00%	ideal	4	80,00%
maior que o desejável	0	0,00%	maior que o desejável	0	0,00%
menor que o desejável	9	100,00%	menor que o desejável	1	20,00%
	9	100,00%		5	100,00%

PÇA ALIMENTAÇÃO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

ideal	1	33,33%	ideal	1	50,00%
maior que o desejável	0	0,00%	maior que o desejável	0	0,00%
menor que o desejável	2	66,67%	menor que o desejável	1	50,00%
	3	100,00%		2	100,00%

TERRAÇO PANORÂM **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

ideal	0	0,00%
maior que o desejável	0	0,00%
menor que o desejável	1	100,00%
	1	100,00%

SAGUÃO **PASSAGEIROS** **TRABALHADORES**

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

PERGUNTAS Nº 13/14:

266

Assunto: usa o ambiente tanto de dia como de noite?

sim	6	66,67%	sim	4	80,00%
não	3	33,33%	não	1	20,00%
	9	100,00%		5	100,00%

se **sim**, o que é melhor:

dia	6	100,00%	se sim , o que é melhor:	dia	4	100,00%
noite	0	0,00%		noite	0	0,00%
	6	100,00%			4	100,00%

motivos das respostas (DIA)

a luz é mais agradável
por causa da segurança
porque mesmo sendo pouca ajuda a ficar melhor o ambiente
a luz do dia é sempre melhor, apesar de aqui não fazer diferença
à noite fica meio apagado, embaçado
à noite é muito escuro

motivos das respostas (DIA)

à noite fica muito escuro
não interfere, tanto faz
a claridade que vem da janela ajuda a realizar as atividades
tanto faz, porque é a mesma luz artificial

PCÇA ALIMENTAÇÃO PASSAGEIROS

TRABALHADORES

sim	2	100,00%	sim	2	100,00%
não	0	0,00%	não	0	0,00%
	2	100,00%		2	100,00%
se sim , o que é melhor:			se sim , o que é melhor:		
dia	2	100,00%	dia	2	100,00%
noite	0	0,00%	noite	0	0,00%
	2	100,00%		2	100,00%

motivos das respost (DIA)

porque viaja mais durante o dia
menos gente, menos calor

motivos das respostas (DIA)

tem mais claridade e o insulfilme deixa mais escuro à noite
pela iluminação natural

TERRAÇO PANORÂM PASSAGEIROS

TRABALHADORES

sim	1	100,00%
não	0	0,00%
	1	100,00%
se sim , o que é melhor:		
dia	1	0,00%
noite	0	0,00%
	1	0,00%

motivos das respost (DIA)

maior conforto visual

SAGUÃO PASSAGEIROS

TRABALHADORES

APÊNDICE E

Tabulação dos questionários por local e atividade

PERGUNTAS Nº 15/16:

267

Assunto: é necessário o uso de iluminação artificial quando utiliza o ambiente?

sim	6	66,67%	sim	2	50,00%
não	3	33,33%	não	2	50,00%
	9	100,00%		4	100,00%

se **sim**, a partir de que hora?

o dia todo (7x); 18:00;05:00

se **sim**, a partir de que hora?

o dia todo(4x)

PÇA ALIMENTAÇÃO

PASSAGEIROS

TRABALHADORES

sim	1	33,33%	sim	2	100,00%
não	2	66,67%	não	0	0,00%
	3	100,00%		2	100,00%

se **sim**, a partir de que hora?

no final do dia

se **sim**, a partir de que hora?

o dia todo

TERRAÇO PANORÂM PASSAGEIROS

TRABALHADORES

sim	1	100,00%
não	0	0,00%
	1	100,00%

se **sim**, a partir de que hora?

o dia todo

SAGUÃO

PASSAGEIROS

TRABALHADORES

PERGUNTAS Nº 17/18:

Assunto: encontrou dificuldade para realizar alguma tarefa c/ relação à visibilidade?

sim	1	11,11%	sim	1	20,00%
não	8	88,89%	não	4	80,00%
	9	100,00%		5	100,00%

aonde?

em algumas mesas da praça de alimentação

aonde?

no fundo da sala tem menos iluminação forte

PÇA ALIMENTAÇÃO

PASSAGEIROS

TRABALHADORES

sim	1	33,33%	sim	2	66,67%
não	2	66,67%	não	1	33,33%
	3	100,00%		3	100,00%

aonde?

no térreo é meio escuro

aonde?

no fundo da sala tem menos iluminação

TERRAÇO PANORÂM PASSAGEIROS

TRABALHADORES

sim	0	0,00%
não	1	100,00%
	1	100,00%

SAGUÃO

PASSAGEIROS

TRABALHADORES

APÊNDICE E

Tabulação dos questionários por local e atividade

PERGUNTAS Nº 19:

268

Assunto: Qual o local mais agradável quanto à iluminação?

pça alimentação	2	22,22%	pça alimentação	2	40,00%
saguão próx ao desembarque	3	33,33%	sala do DAC	1	20,00%
nenhum	2	22,22%	banheiro fora do terminal (marquise)	1	20,00%
banheiro	1	11,11%		1	20,00%
for a do terminal	1	11,11%		5	100,00%
	9	100,00%			

porque:

nenhum pois ou está muito escuro ou muito claro aqui parece ser o mais claro e ainda temos dificuldade de ler. Para lá (saguão) é pior ainda

pça alimentação porque tem a luz das lojas
 pça alimentação foi o único local aonde ficou (1a vez no local)
 saguão próx ao desembarque entra uma luz mais suave; é mais agradável
 saguão próx ao desembarque tem uma porta de vidro grande e mais luz natural
 saguão próx ao desembarque tem abertura maior, mais visibilidade com as portas de vidro
 for a do terminal aqui dentro a luz não é satisfatória
 banheiro o ambiente é mais claro

porque:

pça alimentação as janelas ajudam a luz é boa; os outros locais são escuros
 pça alimentação tem boa visão da pista. Sempre que vou ler vou para lá
 sala do DAC a luz de lá é mais clara
 banheiro fora do terminal as luzes de dentro são muito fortes
 (marquise)

PÇA ALIMENTAÇÃO PASSAGEIROS TRABALHADORES

terraço	2	66,67%	sala dos fiscais (próx. ao pátio)	1	50,00%
térreo	1	33,33%	térreo (saguão)	1	50,00%
	3	100,00%		2	100,00%

porque:

terraço tem menos gente, menos abafado, maior ventilação
 terraço recebe a luz natural com maior intensidade
 térreo aqui é muito quente e não tem aonde sentar

porque:

sala dos fiscais (próx. ao pátio) tem maior incidência de luz natural
 a iluminação está melhor distribuída
 térreo (saguão)

TERRAÇO PANORÂM PASSAGEIROS TRABALHADORES

pça alimentação	1	100,00%
	1	100,00%

porque:

pça alimentação ambiente mais amplo, com maior luminosidade

SAGUÃO PASSAGEIROS TRABALHADORES

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

Dados Pessoais						269
Sexo						
masculino	5	55,56%	masculino	0	0,00%	
feminino	4	44,44%	feminino	5	100,00%	
	9	100,00%		5	100,00%	
Idade			Idade			
abaixo de 18 anos	0	0,00%	abaixo de 18 anos	1	20,00%	
19 a 24 anos	2	22,22%	19 a 24 anos	3	60,00%	
25 a 39 anos	4	44,44%	25 a 39 anos	1	20,00%	
40 a 54 anos	3	33,33%	40 a 54 anos	0	0,00%	
acima de 55 anos	0	0,00%	acima de 55 anos	0	0,00%	
	9	100,00%		5	100,00%	
Escolaridade			Escolaridade			
Ensino Fundamental	0	0,00%	Ens. Fundamental	0	0,00%	
Ensino Médio	3	33,33%	Ensino Médio	5	100,00%	
Ensino Superior	6	66,67%	Ensino Superior	0	0,00%	
Pós-Graduação	0	0,00%	Pós-Graduação	0	0,00%	
	9	100,00%		5	100,00%	
Uso de óculos/ lentes de contato			Uso de óculos/ lentes de contato			
sim	2	22,22%	sim	0	0,00%	
não	7	77,78%	não	5	100,00%	
	9	100,00%		5	100,00%	
PCA ALIMENTAÇÃO PASSAGEIROS			TRABALHADORES			
Dados Pessoais						
Sexo						
masculino	2	66,67%	masculino	1	50,00%	
feminino	1	33,33%	feminino	1	50,00%	
	3	100,00%		2	100,00%	
Idade			Idade			
abaixo de 18 anos	0	0,00%	abaixo de 18 anos	0	0,00%	
19 a 24 anos	0	0,00%	19 a 24 anos	1	50,00%	
25 a 39 anos	0	0,00%	25 a 39 anos	0	0,00%	
40 a 54 anos	2	66,67%	40 a 54 anos	1	50,00%	
acima de 55 anos	1	33,33%	acima de 55 anos	0	0,00%	
	3	100,00%		2	100,00%	
Escolaridade			Escolaridade			
Ensino Fundamental	0	0,00%	Ens. Fundamental	0	0,00%	
Ensino Médio	0	0,00%	Ensino Médio	0	0,00%	
Ensino Superior	3	100,00%	Ensino Superior	2	100,00%	
Pós-Graduação	0	0,00%	Pós-Graduação	0	0,00%	
	3	100,00%		2	100,00%	
Uso de óculos/ lentes de contato			Uso de óculos/ lentes de contato			
sim	3	100,00%	sim	2	100,00%	
não	0	0,00%	não	0	0,00%	
	3	100,00%		2	100,00%	
TERRAÇO PANORÂM PASSAGEIROS			TRABALHADORES			

APÊNDICE E
Tabulação dos questionários por local e atividade

Dados Pessoais			270
Sexo			
masculino	1	100,00%	
feminino	0	0,00%	
	1	100,00%	
Idade			
abaixo de 18 anos	0	0,00%	
19 a 24 anos	0	0,00%	
25 a 39 anos	0	0,00%	
40 a 54 anos	1	100,00%	
acima de 55 anos	0	0,00%	
	1	100,00%	
Escolaridade			
Ensino Fundamental	0	0,00%	
Ensino Médio	0	0,00%	
Ensino Superior	0	0,00%	
Pós-Graduação	1	100,00%	
	1	100,00%	
Uso de óculos/ lentes de contato			
sim	0	0,00%	
não	1	100,00%	
	1	100,00%	
SAGUÃO	PASSAGEIROS	TRABALHADORES	

APÊNDICE F

Planilhas de medição de iluminâncias internas e externas

271

Local:

Data: ___/___/___

Medido por:

Equipamento utilizado:

Ambiente no. **1**

Local:

Orientação das aberturas:

Características das aberturas:

Condição da iluminação artificial no ambiente: () toda acesa () parcialmente acesa () apagada

Observações: _____

1a medição (lux)			2a medição (lux)			3a medição (lux)		
céu: claro			céu: _____			céu: _____		
início			início			início		
Ponto	lux	obs	Ponto	lux	obs	Ponto	lux	obs
P1			P1			P1		
P2			P2			P2		
P3			P3			P3		
P4			P4			P4		
P5			P5			P5		
P6			P6			P6		
P7			P7			P7		
P8			P8			P8		
P9			P9			P9		
P10			P10			P10		
P11			P11			P11		
P12			P12			P12		
P13			P13			P13		
P14			P14			P14		
P15			P15			P15		
P16			P16			P16		
P17			P17			P17		
P18			P18			P18		
P19			P19			P19		
P20			P20			P20		
P21			P21			P21		
P22			P22			P22		
P23			P23			P23		
P24			P24			P24		
P25			P25			P25		
P26			P26			P26		
P27			P27			P27		
P28			P28			P28		
P29			P29			P29		
P30			P30			P30		
P31			P31			P31		
P32			P32			P32		
P33			P33			P33		
P34			P34			P34		
P35			P35			P35		
P36			P36			P36		
P37			P37			P37		
P38			P38			P38		
P39			P39			P39		
P40			P40			P40		
P41			P41			P41		
P42			P42			P42		
término:			término:			término:		

Iluminâncias externas (utilizar planilha específica)

início	início	início
término	término	término

Dados do INMET para o dia da medição

APÊNDICE F

Planilhas de medição de iluminâncias internas e externas

272

Croquis dos pontos de medição

Ambiente no. _____

Local: _____

APÊNDICE F
Planilhas de medição de iluminâncias internas e externas

Local: _____
 Data: ____ / ____ / ____
 Medido por: _____
 Equipamento utilizado: _____

Local da medição: _____
 Condição da luz natural no ambiente: _____
 Condição da iluminação arti: () toda acesa () parcialmente acesa () apagada
 Observações: _____

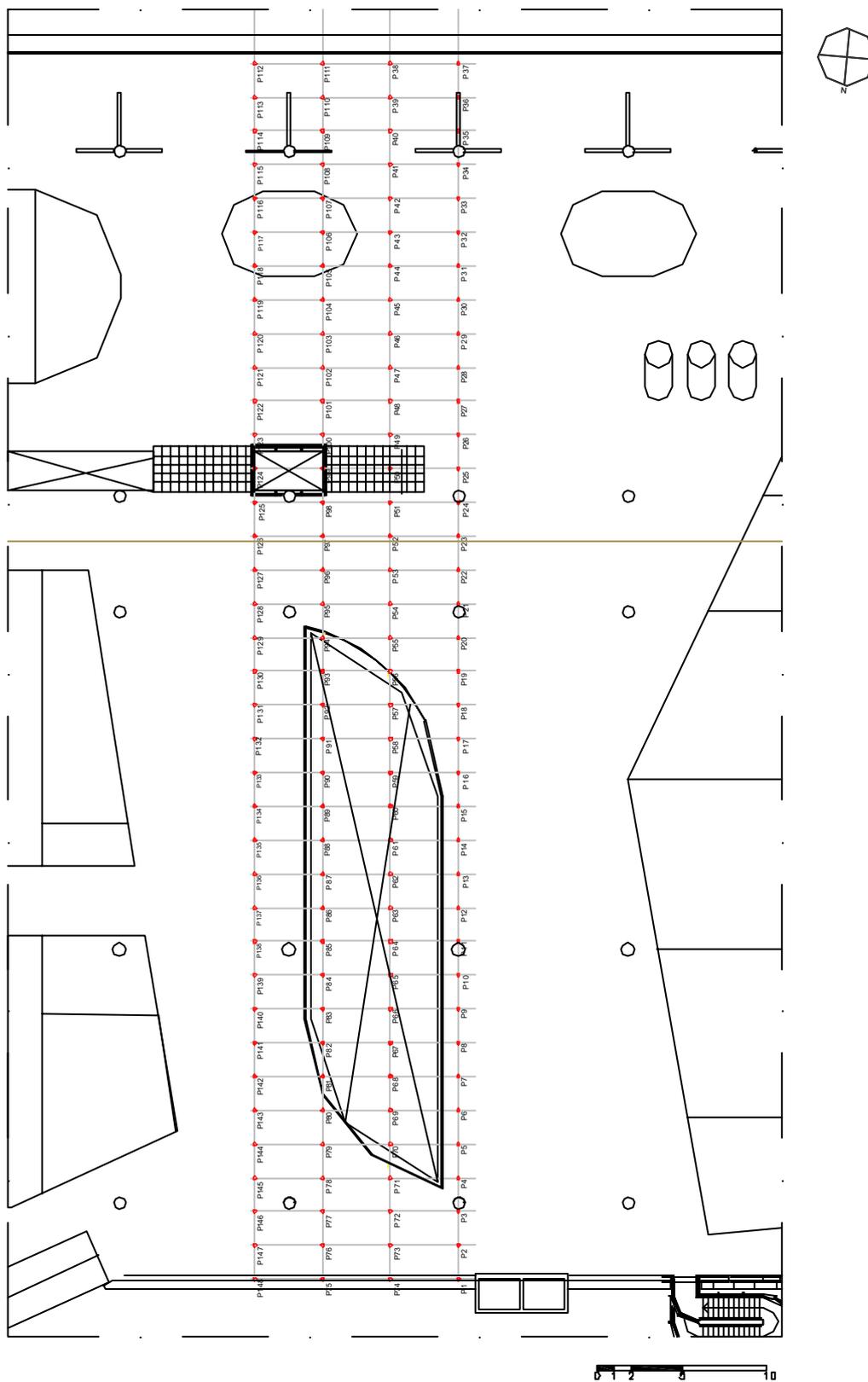
Global = Iluminância global (lux)
 Difusa = Iluminância difusa (lux)

1a medição						
condição do céu:						
Hora	Global	Difusa	Hora	Global	Difusa	
1			21			
2			22			
3			23			
4			24			
5			25			
6			26			
7			27			
8			28			
9			29			
10			30			
11			31			
12			32			
13			33			
14			34			
15			35			
16			36			
17			37			
18			38			
19			39			
20			40			

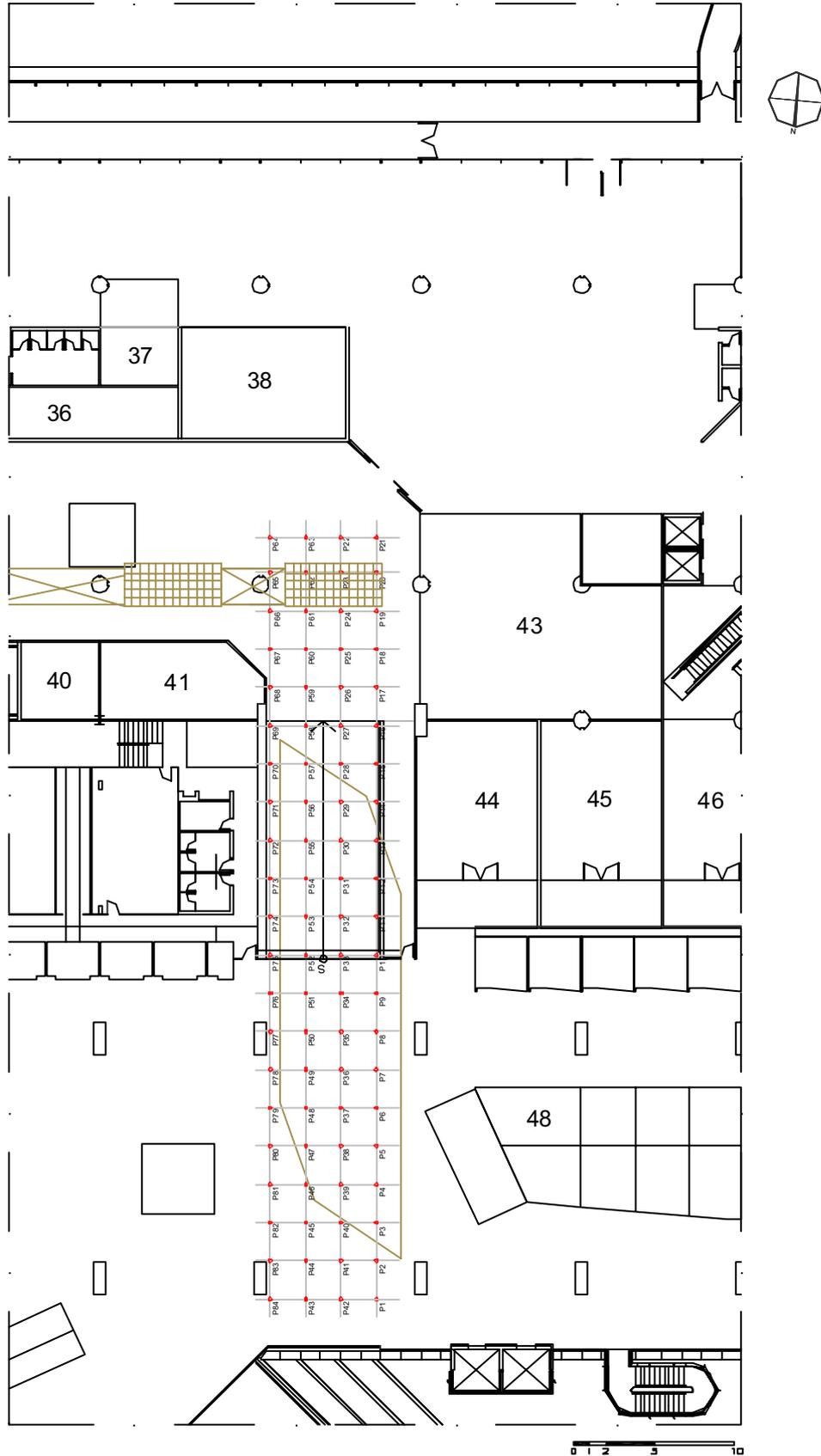
2a medição						
condição do céu:						
Hora	Global	Difusa	Hora	Global	Difusa	
1			21			
2			22			
3			23			
4			24			
5			25			
6			26			
7			27			
8			28			
9			29			
10			30			
11			31			
12			32			
13			33			
14			34			
15			35			
16			36			
17			37			
18			38			
19			39			
20			40			

3a medição						
condição do céu:						
Hora	Global	Difusa	Hora	Global	Difusa	
1			18			
2			19			
3			20			
4			21			
5			22			
6			23			
7			24			
8			25			
9			26			
10			27			
11			28			
12			29			
13			30			
14			31			
15			32			
16			33			
17			34			

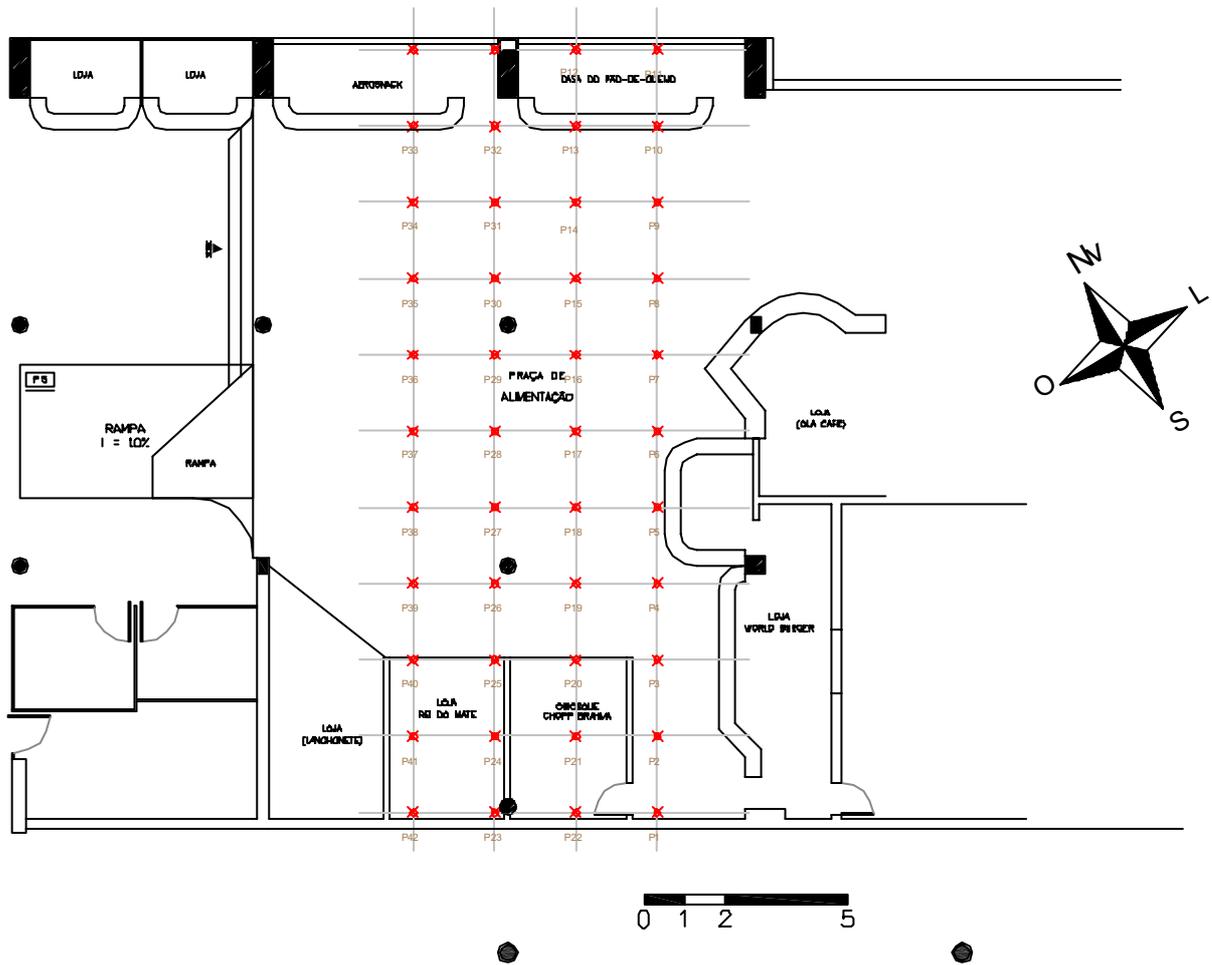
a) Malha de pontos AIB – Praça de Alimentação



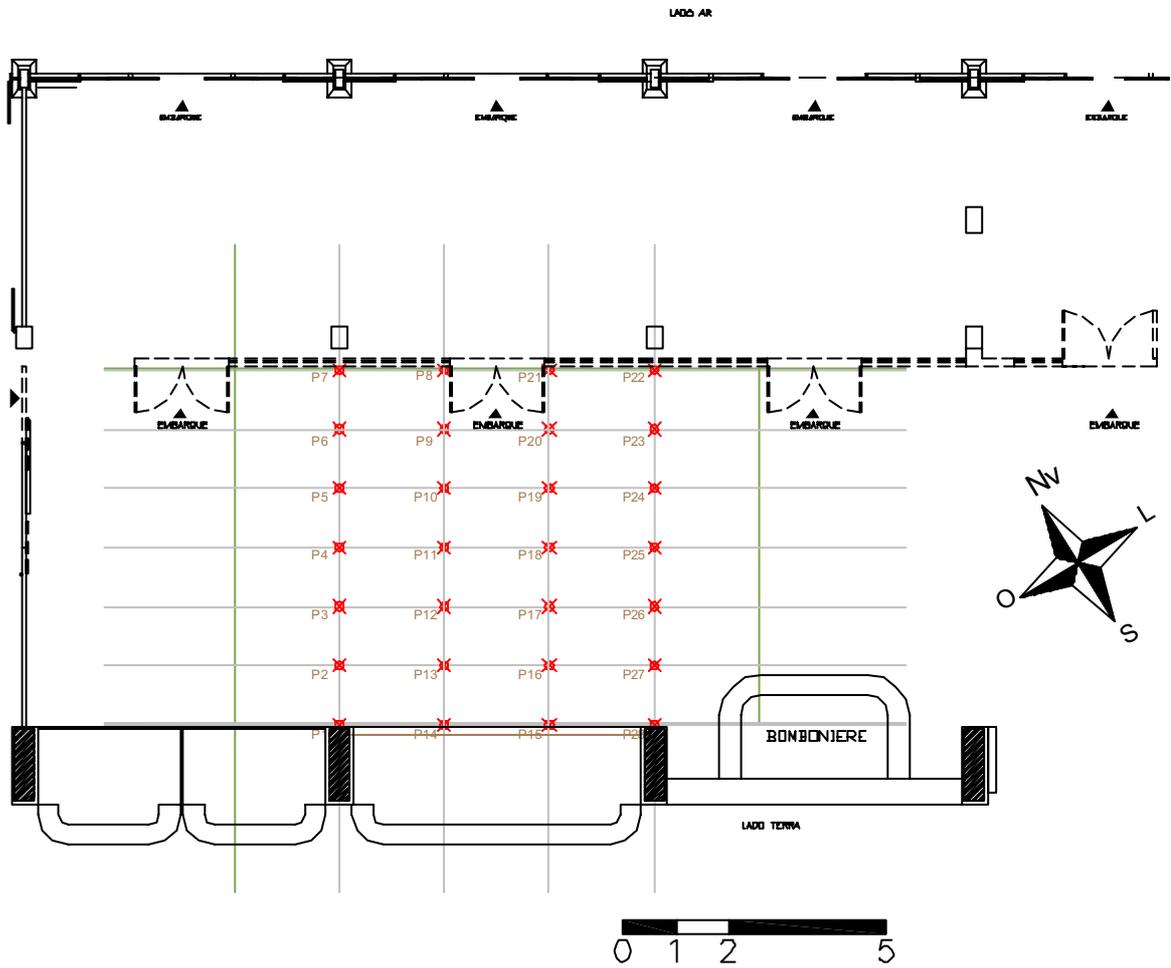
b) Malha de pontos AIB – Piso de Embarque



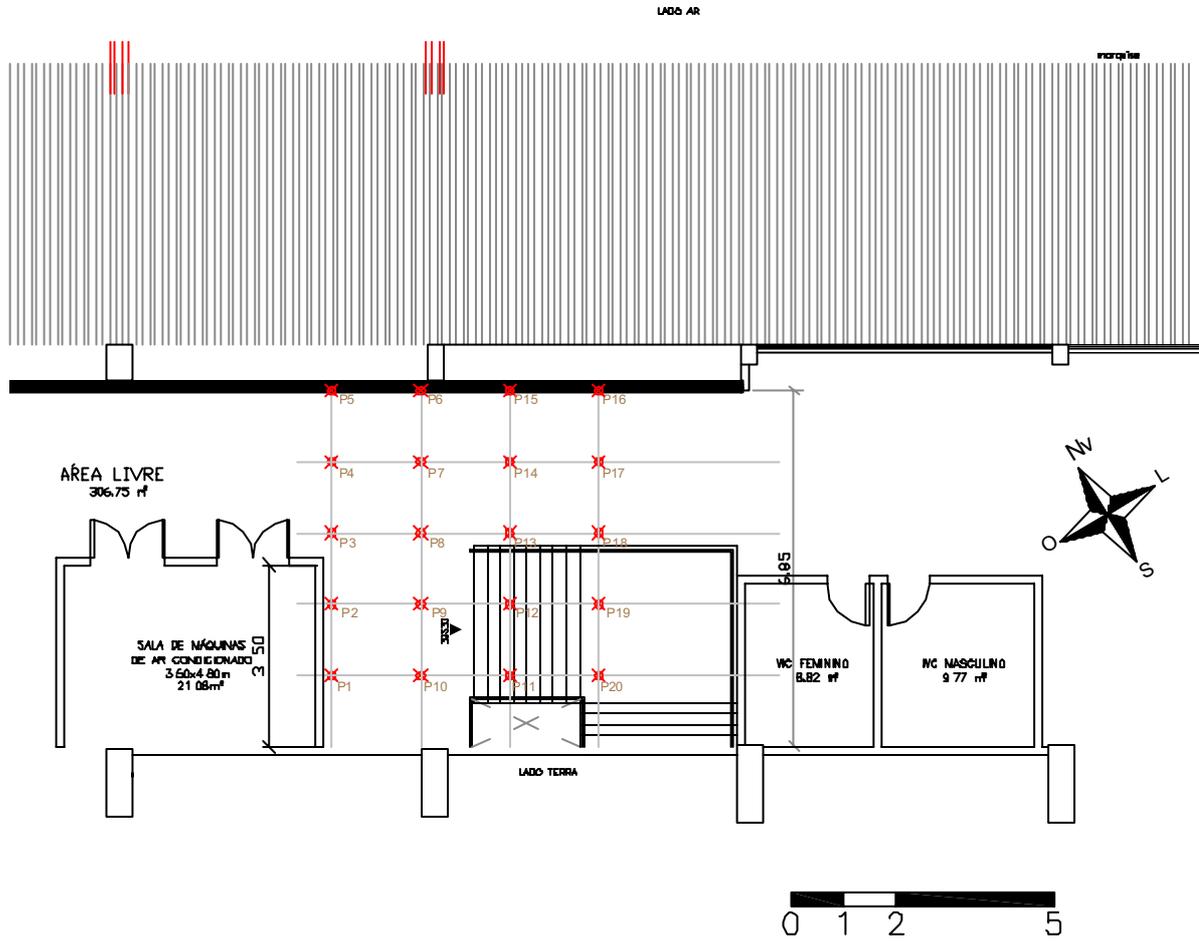
c) Malha de pontos ASG – Praça de Alimentação



d) Malha de pontos ASG – Sala de Embarque



e) Malha de pontos ASG – Terraço Panorâmico



MATRIZ DE RELACIONAMENTOS DOS ELEMENTOS DA EDIFICAÇÃO E INDICADORES AMBIENTAIS

Dimensão	Domínios	Global										Local										Espaço Interior																																									
		Emissões		Clima		Emis.		Meio Ambiente e Rec. Naturais		Ocup. Solo		Saúde		Riscos		Conforto		Energia		R. Nat.		Edifício		Resíduos																																							
		R. Nat.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
ELEMENTOS DA EDIFICAÇÃO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
Implantação		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
Morfologia		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
Materiais		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
Materiais		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
Espacialidade		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
Instalações Prediais		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62
Instalações Prediais		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62

LEGENDA: 1 Relacionamento primário 2 Relacionamento secundário 3 Relacionamento terciário 4 Relacionamento terciário

