

Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo

Direitos autorais 2017 Marília Alves Teixeira, Cláudia Naves David Amorim



Esta obra está licenciado com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional. Fonte: <http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/12106>. Acesso em: 28 jun. 2018.

REFERÊNCIA

TEIXEIRA, Marília Alves; AMORIM, Cláudia Nves David. A iluminação natural como parâmetro de avaliação de desempenho ambiental em edificações aeroportuárias. Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo, Brasília, n. 4, 2007. Disponível em: <<http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/12106>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

A ILUMINAÇÃO NATURAL COMO PARÂMETRO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS*

Marília Alves Teixeira
Cláudia Naves David Amorim

RESUMO

O presente artigo pretende mostrar a importância da iluminação natural no projeto e avaliação de desempenho ambiental das edificações aeroportuárias, especificamente os Terminais de Passageiros. Estes, devido à sua complexidade, dimensões, às novas e crescentes demandas, e ainda ao fato de receber grande número de pessoas, têm cada vez exigências mais crescentes de conforto em seus ambientes. Para demonstrar esta importância foi utilizada a Matriz de Relacionamentos, ferramenta de um método de Avaliação de Desempenho Ambiental, que adota o uso de indicadores ambientais e tem como objetivo a melhoria contínua do desempenho ambiental das edificações com relação ao espaço físico e aos usuários (Zambrano, 2004). Neste método é atribuído um nível de relacionamento entre os Elementos da Edificação e os Indicadores de Desempenho Ambiental que fazem parte da Matriz, a fim de verificar a influência da iluminação natural nas edificações aeroportuárias. Os resultados obtidos indicam os Indicadores Ambientais de maior destaque e que podem ser monitorados nas fases de projeto, manutenção, uso e gestão destas edificações. São eles: qualidade do ar, ventilação e umidade; iluminação natural, artificial e acuidade visual; conforto higrotérmico e superaquecimento; consumo anual líquido de energia elétrica por operações do edifício; consumo energético (de fontes renováveis, exceto energia elétrica); conforto visual e lumínico. Verificou-se ainda que estes indicadores estão relacionados à saúde, conforto e energia no espaço interior, resultados que reforçam a importância da luz natural no sentido de minimizar o impacto ambiental dos edifícios, principalmente os de maior porte, como é o caso das edificações aeroportuárias.

Palavras-chave: Iluminação Natural, Avaliação de Desempenho Ambiental, Edificações Aeroportuárias, Matriz de Relacionamentos, Indicadores Ambientais.

ABSTRACT

This research paper aims to convey the influence of daylight on 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 to human comfort, visual tasks, human health and energy savings. In order to corroborate the significance of using natural lighting in buildings, the Zambrano's Relationship Matrix has been used as an evaluation tool for the environmental impact of buildings. This tool uses an Environmental Performance Evaluation method to weight the influence of natural lighting when crossed with environmental performance indicators and architectonic components. The results show the most accessed Environmental Performance Indicators that should be monitored during the architectonic project phases and post-occupancy monitoring. In summary, these indicators are: air quality, ventilation and relative humidity; natural and artificial lighting and visual acuity; temperature and humidity; annual net consumption of electricity by the building facilities; renewable energy consumption; visual comfort. Moreover, these indicators are closely related to the benefits regarding human health, human comfort and energy consumption, all of them fostering the relevance of the use of natural lighting in large buildings, such as airports.

Keywords: Daylight, Environmental Performance Evaluation, Airport Buildings, Matrix Relationship, Environmental Indicators.

* Artigo parcialmente apresentado no ENCAC-ENLACAC 2005 - VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, IV Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. No período de 05 a 07 de Outubro de 2005.

1. INTRODUÇÃO

As edificações aeroportuárias estão em crescente remodelação devido à evolução do tráfego aéreo, tanto sob o aspecto tecnológico quanto pelo aumento da demanda de serviços e deslocamentos. Além do transporte de passageiros, cargas e das atividades técnicas correlatas, os aeroportos cada vez mais ampliam seu campo de atuação e oferecem outros tipos de serviços como atividades empresariais, logísticas, hotéis, salas de conferências, áreas de lojas e entretenimento. A arquitetura, especializada e fortemente ligada à tecnologia, faz com que os aeroportos sejam a porta de entrada de uma cidade ou país.

O crescimento da demanda e as novas atividades nos aeroportos aumentam as exigências de conforto ambiental e geram impactos ambientais envolvendo questões como energia, recursos naturais e resíduos, e estendem-se como impactos sobre a vizinhança, a organização territorial e a economia local, influenciando na geração de empregos e movimentação de capital (GÜLLER; GÜLLER, 2003). Contudo, muitos projetos arquitetônicos deixam de considerar as observações com relação ao clima, a cultura e às particularidades de cada região. Esta decisão, dependendo do partido arquitetônico adotado, leva o edifício a interferir sobre o conforto do ambiente interno e a saúde dos seus usuários.

A partir do final do séc. XX, os edifícios passaram a ser alvo de pesquisas e ações visando a melhoria do seu desempenho frente ao meio ambiente e aos usuários, cujas ações buscam a eficiência energética, fontes de energia renováveis e menos poluidoras, tratamento dos esgotos, economia e reuso da água, uso de materiais de construção menos agressivos ao meio ambiente, bem como a promoção da saúde e conforto para os usuários das edificações. Existem hoje em diversos países métodos de avaliação de desempenho ambiental dos edifícios em operação como BREEAM, HQE,

GBC e LEED, que são referência de contribuição nesta área (ZAMBRANO et al, 2004).

Seguindo esta tendência mundial, a preocupação com o impacto ambiental gerado pelos aeroportos, também considerados cidades-aeroporto devido à sua complexidade, tem favorecido a criação e adoção de programas ambientais para atuar em variadas frentes, considerando suas atividades específicas. No Brasil, a Infraero, empresa pública vinculada ao Ministério da Defesa que administra os principais aeroportos e terminais de carga do país, iniciou a implantação de uma política ambiental a partir de 2001 e começou a colocar em prática programas e estratégias através de um Sistema de Gestão Ambiental (INFRAERO, 2005).

O presente artigo aborda o papel da iluminação natural nas edificações aeroportuárias, relacionando-o com o conforto dos usuários e a eficiência energética, como elemento de interferência no desempenho ambiental deste tipo de edificação. A influência da luz natural é verificada na aplicação da ferramenta de um método de Avaliação de Desempenho Ambiental desenvolvido por Zambrano (2004), a Matriz de Relacionamentos, que adota o uso de indicadores ambientais e tem como objetivo a melhoria contínua do desempenho ambiental das edificações com relação ao espaço físico e aos usuários. Neste método é atribuído um nível de relacionamento entre os Elementos da Edificação e os Indicadores de Desempenho Ambiental que fazem parte da Matriz, a fim de verificar a influência da iluminação natural nas edificações aeroportuárias e nortear o planejamento e a gestão ambiental de seus ambientes. Dentre as vantagens desta Matriz estão o fato de ser um método claro e abrangente, respaldado pela norma ISO 14031 e pelo HQE, e já adaptado para a realidade brasileira.

O método tem como referência as diretrizes para Avaliação do Desempenho Ambiental (ADA)

apresentado pela ABNT NBR ISO 14031 (2004), que se baseia no processo de avaliação PDCA (plan, do, check, act) e em indicadores de desempenho ambiental, com o objetivo de buscar a melhoria contínua na eficiência dos edifícios através de padrões e guias (SILVA apud ZAMBRANO et al, 2004). Segundo a norma, 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 organização em relação ao meio ambiente, à manutenção destas e ao seu aprimoramento. Já a Avaliação de Desempenho Ambiental (ADA) é considerada 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 organização está adequado aos critérios estabelecidos pela sua administração (ZAMBRANO, 2004).

A Matriz de Relacionamentos foi utilizada neste trabalho para a identificação dos níveis de relacionamento existentes entre os Elementos da Edificação (baseado no HQE) e os Indicadores Ambientais selecionados (de várias fontes, ver ZAMBRANO, 2004, pág 98), considerando-se a iluminação natural - e eventualmente a artificial - como referencial para a análise do desempenho ambiental das edificações aeroportuárias (Terminal de Passageiros). Os resultados obtidos possibilitaram verificar o peso que possui a iluminação natural neste tipo de edificação, bem como identificar na Matriz os Elementos da Edificação e os Indicadores ambientais que mais contribuem para este resultado.

2. AEROPORTOS: HISTÓRICO E CARACTERIZAÇÃO

A história dos aeroportos está amplamente ligada à história da aviação, uma vez que desde o princípio,

a decolagem e a aterrissagem das máquinas voadoras necessitava de um lugar específico, de onde receberiam propulsão e manutenção. O primeiro aeroporto surgiu entre 1904 e 1905, em Ohio, nos Estados Unidos, como um simples aeródromo formado pelo cruzamento de duas estradas niveladas (CUADRA, 2002). Com o tempo, os vôos, que inicialmente levavam apenas cargas e somente depois passaram a levar passageiros, crescia a necessidade de uma infra-estrutura que desse apoio às atividades e aos funcionários e usuários das aeronaves. Aumentaram as exigências técnicas e projetuais. Os hangares ampliaram sua capacidade e começaram a oferecer serviços de apoio como escritórios, correios, depósitos, alfândega e salas de espera para os primeiros passageiros. A partir de 1920, os conceitos de conforto e ambientação adequada começam a ser inseridos nos projetos, e o programa, que inicialmente se baseava nas preferências dos ricos passageiros burgueses, passou a ganhar a mesma importância dada a projetos de casas bancárias, restaurantes e residências.

As áreas técnicas dos aeroportos tradicionais são planejadas com base na previsão de volume de tráfego, que inclui número de vôos, o tipo de aeronave utilizada, os passageiros, o volume de carga e de outros visitantes e usuários do seu espaço. 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, o grau que deve ser adotado para controle da segurança e dos passaportes. Somente após estas informações é possível programar com precisão os detalhes do espaço físico necessário (CUADRA, 2002).

A apresentação de um aeroporto é de grande importância para uma cidade ou país, o que explica a criação de edifícios que se tornam verdadeiros marcos para a arquitetura local, e cuja administração unicamente pelo governo torna-se inviável. Durante

longo tempo os aeroportos foram instituições públicas, construídas e operacionalizadas pelo Estado ou pelas grandes cidades. Hoje, em vários países, eles são essencialmente empresas privadas, o que afeta diretamente a sua imagem, a definição de suas atividades e o seu planejamento. A administração privada tem novas prioridades, cuja principal preocupação é o lucro, e que tem gerado grandes alterações no planejamento e na arquitetura dos aeroportos. Atualmente apenas 20% da renda dos maiores aeroportos provêm das taxas de embarque, fonte tradicional de recursos; os 80% restantes provêm da concessão do espaço a empresas aéreas, operadoras de sistemas de carga e aos usuários do espaço interno do aeroporto. No Brasil, a administração dos principais aeroportos e terminais de carga do país é feita pela Infraero, empresa pública vinculada ao Ministério da Defesa.

Segundo dados da Infraero, no Brasil, a cada ano, cerca de 250 milhões de pessoas passam pelos aeroportos administrados pela empresa, sendo que aproximadamente 75 milhões são passageiros. 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). Com este novo enfoque administrativo, os espaços comerciais dos aeroportos passaram a ser cada vez mais explorados. Segundo Amorim et al (2004), os terminais aeroportuários atuais contemplam um uso mais bem definido do seu setor comercial e prevêem instalações compatíveis com todos os usos de shopping center, turismo, redes de hotéis, gerando atrativos para novos negócios, porém com as suas especificidades preservadas. Da mesma forma, as áreas adjacentes aos aeroportos, utilizadas para as cargas, manutenção de aeronaves e estacionamentos, tem se tornado muito caras para abrigar estes tipos de equipamentos, o que leva os gestores a utilizarem estes espaços de forma mais

eficiente sob o ponto de vista econômico, destinando estas áreas para a instalação de hotéis, centros de negócios e conferências (GÜLLER; GÜLLER, 2003).

O espaço interno dos Terminais de Passageiros até pouco tempo atrás era concebido para que o tempo de espera dos passageiros fosse o mínimo possível. Hoje, o interesse dos proprietários de lojas, restaurantes e cinemas, e até mesmo as operadoras aéreas, é para que os passageiros permaneçam por muito mais tempo envolvidos pela atmosfera criada por uma arquitetura que envolve o usuário em seus espaços e estimula o consumo enquanto aguardam pelas atividades principais do aeroporto, de embarque e desembarque. Além disso, este recurso é utilizado para amenizar as longas distâncias a serem percorridas pelos passageiros em virtude do crescimento do tráfego aéreo (CUADRA, 2002).

2.1. Iluminação Natural em Aeroportos

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 (incluindo o conforto térmico, luminoso, a agradabilidade do espaço em geral, a qualidade da luz e a eficiência energética). Segundo Fontoynt (1999), o uso da luz natural pode ser um importante recurso para melhoria de desempenho ambiental global, especialmente no caso dos terminais de passageiros, com suas grandes dimensões e extensas áreas de circulação e atividades. 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.

Para Fontoynt (1999), as maiores preocupações de muitos passageiros usuários dos aeroportos

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. Neste período desenvolvem-se as mais variadas tarefas, muitas delas sob altos níveis de stress - a busca por informação do voo, retirada de bilhetes, deslocamento para áreas de embarque - as quais contrapõem-se com atividades menos tensas como fazer compras, ou simplesmente aguardar pelo momento do embarque.

No Brasil, a atual crise no sistema aéreo tem prolongado a permanência dos usuários muito além do que o desejável, o que tem causado aglomerações e grande insatisfação nos usuários. Neste caso, as exigências de conforto destes ambientes relacionadas com a luz natural são cada vez mais requisitadas, o que inclui o conforto térmico e luminoso e aspectos psicológicos que influenciam na percepção do espaço, como a ambiência local. O bom projeto de iluminação deve procurar oferecer a melhor qualidade de iluminação no momento de se buscar informações, direções de deslocamento, criando espaços de convivência e ambientes agradáveis tanto para as áreas de espera como para a realização das tarefas específicas realizadas nos terminais aeroportuários.

2.2. Aeroportos: Aspectos Ambientais

Embora a instalação de um aeroporto possa trazer benefícios para o município e para a região onde está localizada, gerando empregos, ampliando as possibilidades de negócios e participando diretamente do desenvolvimento desta região, o impacto de desenvolvimento local de uma edificação aeroportuária resulta em problemas ambientais de efeitos negativos, como é o caso das áreas de ruído que se tornam cada vez maiores (GÜLLER; GÜLLER, 2003). As edificações representam um dos maiores agentes de degradação ambiental, tanto pelo seu consumo energético quanto pela

contribuição para a poluição atmosférica, ruído, utilização de recursos naturais entre outros (ZAMBRANO, 2004). Além disso, a longa vida útil destas edificações, as dimensões crescentes que agregam ampliações, novas atividades e o grande número de usuários, elevam as exigências com a segurança e o conforto ambiental, o que representa vantagens e desvantagens.

Os aeroportos estão geralmente construídos em pontos estratégicos do tecido urbano, com bom tráfego de acesso e grande área de abrangência. Nem sempre é possível evitar que eles estejam próximos a áreas residenciais, pois mesmo que sejam construídos em locais afastados dos centros urbanos, a ocupação dos terrenos vizinhos tende a seguir a infra-estrutura que inevitavelmente acompanha estas edificações, o que os torna sujeitos aos impactos ambientais decorrentes desta implantação, ao mesmo tempo em que usufruem dos avanços tecnológicos da região. Estes impactos refletem tanto sobre as condições externas das edificações – o uso do solo, o consumo de energia e de recursos naturais, a poluição sonora e do ar - quanto às condições internas – relacionadas à iluminação, energia, ventilação, som, ergonomia e qualidade do ar interno. Alguns destes problemas somente poderão ser sanados ao longo do tempo, a partir do desenvolvimento tecnológico, da substituição das aeronaves por modelos que apresentem reduções significativas de ruído e consumo de combustível (CUADRA, 2002), e da adoção de medidas visando reduzir estes impactos.

Nos últimos anos, para atender aos crescentes requisitos de desempenho ambiental de edificações, tornou-se necessária a implementação de uma política ambiental para elaborar um planejamento sobre as ações ambientais dos aeroportos. A Infraero adota um Sistema de Gestão Ambiental fundamentado em três linhas principais de trabalho, que norteiam os programas e ações ambientais: o atendimento à legislação ambiental; a ecoeficiência – que objetiva a implementação de

ações preventivas, visando a utilização eficiente dos recursos naturais, o aumento de produtividade e a redução de custos; e a educação e comunicação, que prioriza ações de conscientização do público interno e externo, prevê a promoção de campanhas de educação ambiental nos aeroportos, e ainda o apoio a programas de preservação da flora e fauna (INFRAERO, 2005). A política ambiental da Infraero inclui objetivos e metas gerenciais, e é implementada através dos programas definidos pelo Comitê de Gestão Ambiental, que incluem: assessorias estratégicas; prevenção de riscos e emergências ambientais; ruído aeronáutico e não-aeronáutico; planejamento do uso e ocupação do solo; conservação de energia; controle da poluição atmosférica; energias alternativas; educação ambiental; gestão de informações; contabilidade ambiental e avifauna.

3. CRITÉRIOS E MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL

A crescente preocupação com o impacto ambiental dos edifícios tem intensificado a determinação de critérios de projeto que garantam à arquitetura maior identificação com o espaço, o conforto dos indivíduos e a redução no consumo de energia. Os edifícios passaram a ser alvo de pesquisas e ações para melhorar o seu desempenho com relação ao meio ambiente e seus usuários e surgiram os instrumentos para gestão ambiental e reavaliação das atividades, como por exemplo, os sistemas de gestão ambiental (SGA), as auditorias ambientais, avaliação de desempenho ambiental (ADA), dentre outros (ZAMBRANO, 2004).

De acordo com a NBR ISO 14001, Sistema de Gestão Ambiental (SGA) "é parte do sistema de gestão global que inclui estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar

criticamente e manter a política ambiental". É um processo de avaliação que faz parte do processo de certificação implantado em uma empresa visando a obtenção de melhor desempenho ambiental. Os SGA atuais focalizam tanto as relações com o ambiente exterior, como descarte de resíduos e emissões para a atmosfera, como as relações com o ambiente interior como os aspectos ergonômicos, de conforto ambiental, saúde e segurança, cujos elementos podem ser estudados e aprofundados com o objetivo de promover a melhoria contínua deste sistema. Embora existam diversos métodos e associados à avaliação das edificações ainda é muito pequena a sua aplicação na gestão ambiental das empresas.

Vários países vêm desenvolvendo metodologias para avaliação do desempenho ambiental de edificações, dos quais se destacam o BREEAM no Reino Unido; LEED, nos Estados Unidos; GBC, no Canadá, que hoje se transformou em um consórcio de países e HQE, na França. A Tabela 01* mostra as características de alguns dos principais métodos de ADA e a importância dos Indicadores de desempenho ambiental para a obtenção dos resultados.

Tabela 01 -Características de alguns métodos de Avaliação de Desempenho Ambiental utilizados em diversos países

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 (início), 1996; 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

Adaptado de Zambrano, 2004

4. FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL – A MATRIZ DE RELACIONAMENTOS

Com o objetivo de verificar a influência da iluminação natural nas edificações aeroportuárias, relacionando-o com o conforto dos usuários, a eficiência energética, e ainda como elemento de interferência no desempenho ambiental deste tipo de edificação, utilizou-se a aplicação da ferramenta do método de Avaliação de Desempenho Ambiental desenvolvido por Zambrano (2004), a Matriz de Relacionamentos, que adota o uso de indicadores ambientais e tem como objetivo a melhoria contínua

do desempenho ambiental das edificações com relação ao espaço físico e aos usuários. O nível de relacionamento obtido entre os Elementos da Edificação e os Indicadores de Desempenho Ambiental que fazem parte da Matriz permite verificar a influência da iluminação natural nas edificações aeroportuárias e nortear o planejamento e a gestão ambiental de seus ambientes.

A Matriz de Relacionamentos é uma ferramenta do método de Avaliação de Desempenho Ambiental desenvolvido por Zambrano (2004). O método possui quatro etapas: Planejamento, Avaliação de Desempenho, Revisão e Melhoria, e tem como referência a NBR ISO 14031 e elementos do HQE.

- c) materialidade – ex.: transparências, materiais opacos de vedação, proteções, etc.
- d) espacialidade – ex.: distribuição dos espaços, ambiência higrotérmica, lumínica, etc.
- e) instalações prediais – ex.: iluminação natural e artificial; ar condicionado, ventilação e exaustão, etc.

Os Indicadores Ambientais são valores medidos que, quando comparados com padrões de desempenho, expressam o desempenho ambiental de um dado elemento da edificação, (ZAMBRANO, 2004). Na Matriz de Relacionamentos estão agrupados em Dimensões e Domínios, cuja classificação pode ser vista na Tabela 02*.

Tabela 02 -Exemplos de Indicadores Ambientais que fazem parte da Matriz de Relacionamentos, de acordo com suas classificações em Dimensões e Domínios.

DIMENSÃO	DOMÍNIO	INDICADORES (exemplos)
GLOBAL	Emissões	Emissão de gases de efeito estufa
	Recursos naturais	Armazenamento de materiais recicláveis
LOCAL	Clima	Incidência solar
	Emissões	Ruído exterior
	Meio ambiente e Recursos naturais	Qualidade da vegetação
	Ocupação do solo	Impactos no terreno e propriedades adjacentes
ESPAÇO INTERIOR	Saúde	Qualidade do ar, ventilação e umidade
	Riscos	Riscos físicos e ergonômicos
	Conforto	Conforto visual e lumínico
	Energia	Cargas térmicas
	Recursos naturais	Consumo de recursos naturais
	Edifício	Plano de Manutenção, Operação e Controle
	Resíduos	Resíduos sólidos recicláveis

Na etapa de planejamento é conhecido o objeto de estudo, definem-se quais os Elementos da Edificação serão avaliados e é feito o levantamento das informações junto ao cliente. Seus principais parâmetros são:

- Identificação dos Elementos da Edificação arquitetura que serão avaliados –seleção dos indicadores ambientais (IDA) com aspectos relevantes no desempenho das edificações (monitoradas e não monitoradas pela empresa).
- Identificação dos critérios internos de desempenho e os padrões regulamentadores. Com estes critérios identificam-se os elementos da arquitetura com maior relevância para o desempenho ambiental dos indicadores e melhor compreensão dos indicadores que podem ser afetados direta ou indiretamente pelo

desempenho de algum elemento da arquitetura.

Zambrano (2004) mostra que o resultado do relacionamento entre EED e IDA irá informar o desempenho da edificação e apontar os elementos da arquitetura que apresentam maior relevância para o desempenho ambiental. Para melhor compreensão deste relacionamento, o método propõe níveis de relacionamento conforme o tipo de efeito causado no indicador:

- Relacionamento nulo (0) – quando o EED não interfere no desempenho do IDA
- Relacionamento primário (1) – quando há relação direta entre o desempenho ambiental do EED e o resultado do indicador.
- Relacionamento secundário (2) – quando um resultado ambiental do EED depende ou se modifica

a partir do resultado de outro indicador.

- Relacionamento terciário (3) – quando um resultado ambiental do elemento (nível 1 ou 2) somado a um fator externo reflete-se em terceiro indicador.

- 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 atua, portanto, como ferramenta inicial para o processo de avaliação em função de sua abrangência mais ampla, devendo ser complementada por outras mais específicas. Assim, uma vez identificados os graus de relacionamento, devem ser avaliados primeiramente os efeitos primários, que irão interferir no resultado de outros indicadores, e em seguida partir para estudos mais aprofundados a partir da combinação de efeitos encontrados durante a análise.

Dimensão Domínios	Global		Local																													
	Emissões	R. Nat.	Clima	Emiss.	Meio Ambiente e Rec. Naturais															Ocup. Solo												
ELEMENTOS DA EDIFICAÇÃO		INDICADORES AMBIENTAIS																														
		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	
Implantação	Acessos																															
	Estacionamento																															
	Circulação																															
	Local de implantação (topografia)																															
	Taxa de ocupação no terreno																															
	Área livre terreno, reservas nat., paisagismo																															
	Insolação																															
	Ventos																															
	Precipitações																															
	Temperatura local																															
Morfologia	Umidade																															
	Construções vizinhas																															
	Redes de infraestrutura																															
	Fachadas																															
	Forma da edificação																															
	Área ocupada/pessoa (densidade)																															
Escadas (localização, dist. entre escadas)																																
Elevadores (quantidade, relação c/ população)																																
Rampas (acessibilidade)																																
Embasamento (relação prédio e solo)																																

Figura 02 -Detalhe ampliado de parte da Matriz de Relacionamentos mostrando as categorias dos Elementos da Edificação (linhas) e dos Indicadores Ambientais (colunas). Adaptado Zambrano, 2004 : 99.

5. A MATRIZ DE RELACIONAMENTOS E ILUMINAÇÃO NATURAL EM EDIFICAÇÕES AEROPORTUÁRIAS

A aplicação da Matriz de Relacionamentos em edificações aeroportuárias nos Terminais de Passageiros pretende evidenciar as relações entre a luz natural e o desempenho ambiental das edificações aeroportuárias e assim identificar os impactos dos Elementos da Edificação nos Indicadores Ambientais pela atribuição dos níveis de relacionamento entre eles. Os resultados obtidos permitem verificar o peso da iluminação natural nas edificações aeroportuárias, identificando-se os Elementos da Edificação e os Indicadores Ambientais que mais contribuem para o desempenho ambiental relacionado à iluminação natural.

A atribuição dos níveis de relacionamento entre os componentes da Matriz foi embasada por meio de uma revisão bibliográfica que procurou avaliar inicialmente como cada Elemento da Edificação pode se relacionar com a luz natural nas edificações aeroportuárias, cujos resultados foram lançados na Matriz e que permitiram conhecer o impacto dos Elementos da Edificação nos Indicadores Ambientais, em virtude da maior quantidade de relacionamentos primários e secundários existentes entre eles.

A identificação dos Elementos da Edificação que indicam o maior relacionamento da luz natural com o desempenho dos Indicadores Ambientais

a) Transparências (sistemas de abertura, proporção, radiação, inércia, isolamento) - MATERIALIDADE

Os fechamentos transparentes são responsáveis pelas principais trocas térmicas que ocorrem numa edificação, envolvendo luz e calor. Isto exige especial atenção com o seu dimensionamento, orientação e características dos materiais transparentes. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). Fontoynt (1999) acrescenta ainda, que é necessário estudar adequadamente as dimensões das aberturas em

função do clima local e da disponibilidade de luz natural.

b) Iluminação natural e artificial (estratégias para distribuição de luz) – INSTALAÇÕES PREDIAIS

c) Ar condicionado, ventilação e exaustão mecânica – INSTALAÇÕES PREDIAIS

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. Deve-se 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.

d) Ambiência lumínica - ESPACIALIDADE

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". 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; PEREIRA, 2004)

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 localização 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.

e) Insolação – IMPLANTAÇÃO

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.

f) Ambiência higrotérmica – ESPACIALIDADE

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”.

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.

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 et al, 2004)

g) Proteções (coberturas, brises, marquises) – MATERIALIDADE

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 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. 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).

h) Forma da Edificação – MORFOLOGIA

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.

i) Fachadas – MORFOLOGIA

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

j) Local de Implantação (topografia) – IMPLANTAÇÃO

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.

Indicadores ambientais mais influenciados pelos elementos da edificação com relação à luz natural:

- a) Qualidade do ar, ventilação e umidade (ESPAÇO INTERIOR – SAÚDE)
- b) Iluminação natural, artificial e acuidade visual (ESPAÇO INTERIOR – SAÚDE)
- c) Conforto higrotérmico e superaquecimento (ESPAÇO INTERIOR – CONFORTO)
- d) Consumo anual líquido de energia elétrica por operações do edifício (ESPAÇO INTERIOR – ENERGIA)
- e) Consumo energético (de fontes renováveis, exceto energia elétrica) (ESPAÇO INTERIOR – ENERGIA)
- f) Conforto visual e lumínico – (ESPAÇO INTERIOR – CONFORTO)

Os maiores impactos que demonstram a influência da luz natural nas edificações aeroportuárias ocorrem nos indicadores ambientais relacionados às dimensões Global e do Espaço Interior que, em sua maioria pertencem aos domínios: saúde, conforto e energia. Tais resultados reforçam a importância do uso adequado da iluminação natural no que diz respeito à satisfação do usuário e à eficiência energética.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De um total de 2666 possibilidades de relacionamentos (Figuras 03, 04 e 05), 428 foram influenciadas pela luz natural (16,05% da Matriz), sendo que:

- Relacionamento Primário: 126
- Relacionamento Secundário: 167
- Relacionamento Terciário: 124
- Relacionamento Quaternário: 11

The table in Figure 03 is a complex matrix with the following structure:

- Columns:**
 - Global:** 1-10
 - Local:** 11-20
 - Espaço Interior:** 21-30
- Rows:**
 - INDICADORES AMBIENTAIS:** 1-10 (e.g., Qualidade do ar interior, Qualidade do ar exterior, etc.)
 - ELEMENTOS DA EDIFICAÇÃO:** 11-30 (e.g., Fachada, Janelas, Tectos, etc.)

The cells contain numerical values from 1 to 5, indicating the strength of the relationship between a specific building element and an environmental indicator.

Figura 03 - 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.

The table in Figure 04 is a matrix similar to Figure 03, but with specific cells shaded to highlight architectural elements that influence environmental indicators. The structure is identical to Figure 03, with columns for 'Global', 'Local', and 'Espaço Interior' dimensions, and rows for indicators and building elements. The shading is used to draw attention to primary relationships.

Figura 04 - Matriz de Relacionamentos salientando os elementos arquitetônicos que demonstraram influenciar o desempenho dos indicadores ambientais, tendo em vista a influência da luz natural. Em destaque os elementos da edificação que apresentaram relacionamento primário com maior quantidade de indicadores ambientais

Figura 05 - Matriz de Relacionamentos salientando os indicadores ambientais que foram influenciados pelos elementos arquitetônicos, tendo em vista a influência da luz natural. Em destaque os indicadores que apresentaram relacionamento primário com maior número de elementos da edificação simultaneamente.

Astabelas 03 e 04 indicamos Elementos da Edificação e os Indicadores Ambientais mais relevantes na aplicação da Matriz de Relacionamentos para edificações aeroportuárias considerando a influência da luz natural.

Tabela 03 - Elementos da Edificação mais relevantes quando aplicados na Matriz de Relacionamentos, para avaliação de edificações aeroportuárias, considerando a iluminação natural.

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

Tabela 04 -Indicadores Ambientais que apresentaram maior destaque na Matriz de Relacionamentos, considerando a influência da iluminação natural nas edificações aeroportuárias.

INDICADOR AMBIENTAL	Qtde. de Elementos da Edificação relacionados	Qtde relacionamntos primários	DOMÍNIO	DIMENSÃO
Qualidade do ar, ventilação e umidade	27	14	saúde	Espaço Interior
Iluminação natural, artificial e acuidade visual	27	14	saúde	Espaço Interior
Conforto higrotérmico e superaquecimento	25	14	conforto	Espaço Interior
Consumo anual líquido de energia elétrica por operações do edifício	26	13	energia	Espaço Interior
Consumo energético (de fontes renováveis, exceto energia elétrica).	23	13	energia	Espaço Interior
Conforto visual e lumínico	26	10	conforto	Espaço Interior

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o crescimento cada vez mais acentuado das edificações aeroportuárias é importante que sejam estimuladas a aplicação de ferramentas adequadas para a gestão ambiental, incorporando-as às rotinas das organizações, para assim estimular a realização de construções sustentáveis, uma vez que “são mais duráveis, econômicas, eficientes em suas operações e oferecem ambientes mais saudáveis e confortáveis para seus ocupantes” (Zambrano, 2004). Reforça-se a necessidade da ampliação da consciência ambiental dos produtores e consumidores visando a transformação do mercado.

A qualidade ambiental e sustentabilidade do espaço construído devem seguir critérios de projeto direcionados para o uso do espaço visando o conforto dos usuários, a redução do consumo energético, considerando não somente a fase de construção como também o gerenciamento da edificação, incluindo sua manutenção, retrofit, considerando a longa vida útil de uma edificação aeroportuária.

Verifica-se que a luz natural como estratégia

para o desempenho ambiental das edificações aeroportuárias atua tanto no conforto luminoso, relacionada à satisfação do usuário, quanto na eficiência energética, uma vez que seu uso adequado influencia na economia do uso de iluminação artificial e ar condicionado, favorecendo o equilíbrio entre luz e calor. Neste sentido tem grande importância o papel do arquiteto, pois a complexidade de projetos aeroportuários requer interdisciplinaridade, formações específicas em diversas áreas de atuação, bem como a coordenação e devida integração entre os projetos em busca das melhores soluções.

8. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 14031: gestão ambiental; avaliação de desempenho ambiental; diretrizes. Rio de Janeiro, 2004.
- AMORIM, C., ROMERO, M., RIBAS, O., BEZERRA, M., CLIMACO, R. Indicadores para sistemas ambientais e empreendimentos aeroportuários. Termo de Referência apresentado à INFRAERO, Brasília, 2004.
- CUADRA, M. World Airports – Weltflughäfen: vision and reality, culture and technique, past and present.

Hamburg: DAM, 2002.

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.

FONTOYNONT, M. (Ed.). Daylight performance of buildings. Lyons: James & James, 1999.

GÜLLER M; GÜLLER M. Del aeropuerto a la ciudad-aeropuerto. Barcelona: Gustavo Gili, 2003.

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.

INFRAERO. (2005) A Infraero e o meio ambiente: uma relação de respeito. Disponível em: <http://www.infraero.gov.br>. Acesso em: 11 fev. 2005.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. Eficiência energética na arquitetura. 2ª ed. São Paulo: ProLivros, 2004.

MASCARÓ, L. R. Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo. São Paulo: Projeto, 1985.

SERRA, R. Arquitectura y climas. 3. ed. Barcelona: Gustavo Gili, 2002.

SERRA, R. Clima, Lugar y Arquitectura. Manual de Diseño Bioclimático. Madrid: CIEMAT, 1989.

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.

NOTAS

¹ 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.

² Programa para reduzir os riscos de acidentes aeronáuticos decorrentes de colisões com aves.

* As informações contidas na Tabela 01 foram adaptadas de Zambrano (2004).