

REABILITAÇÃO AMBIENTAL E USO DA LUZ NATURAL NA ARQUITETURA MODERNA: BRASÍLIA PALACE HOTEL E PALÁCIO ITAMARATY

Cláudia Naves David Amorim, Darja Kos Braga, Thaís Borges Sanches Lima, Evangelos Dimitrios Christakou, José Carlos Soares Grillo, Valéria Morais Baldoíno

RESUMO

O artigo aborda o processo de reabilitação ambiental de edifícios modernos no contexto da cidade de Brasília, por meio de recursos passivos e especial ênfase ao uso da luz natural, apresentando dois estudos: o Brasília Palace Hotel e o Palácio Itamaraty. O primeiro, elaborado por equipe de estudantes de graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília^a, foi vencedor do Primeiro Prêmio na Categoria Edificações/Estudante do concurso PROCEL, promovido pela Eletrobrás em 2005 e recebeu Menção Honrosa na Bienal de Arquitetura Bioclimática José Miguel Aroztegui, também em 2005. O segundo estudo foi elaborado no âmbito do grupo de Pesquisa “Qualidade Ambiental e Iluminação Natural no Espaço Construído”, tendo concorrido ao Prêmio PROCEL 2006^b. Os projetos de reabilitação propõem a conservação das características modernistas dos edifícios, introduzindo melhorias dos aspectos ambientais, através de estratégias projetuais e tecnológicas para melhor aproveitamento dos recursos naturais, como a iluminação e ventilação, radiação solar e água da chuva, que otimizam o conforto e o desempenho ambiental do edifício. Neste sentido, os projetos propõem a integração de vários conceitos de sustentabilidade e qualidade ambiental em sua arquitetura, instalações e modo de uso. Demonstrem-se, assim, amplas possibilidades para o arquiteto na elaboração de uma arquitetura mais sustentável, preservando as características da arquitetura modernista original.

Palavras chave: reabilitação ambiental, luz natural, arquitetura moderna

ABSTRACT

The article describes the conception of environmental rehabilitation designs in modern

buildings of Brasília, presenting two studies: the Brasília Palace Hotel and Itamaraty Palace. The first was elaborated by a team of Architecture graduation students of the University of Brasília, and was the winner of the First Prize of Premio PROCEL in 2005, receiving also a Mention in the Bienal of Bioclimatic Architecture Miguel Aroztegui in the same year. The second study was elaborated by the research group “Environmental Quality and Daylighting in Built Environment” for the Premio PROCEL 2006. The rehabilitation design proposes the conservation of the modern characteristics of the buildings, optimizing environmental aspects, by means of design and technological strategies to use daylighting and natural ventilation, solar radiation and rainwater. The design integrates many concepts of sustainability in the architecture, installations and so on. It is demonstrated, in this way, wide possibilities to the architect in the elaboration of a sustainable architecture, preserving the original characteristics of the modern architecture.

Key words: environmental rehabilitation, daylight, modern architecture

1. INTRODUÇÃO

O Brasília Palace Hotel (BPH) foi fundado em 1957, pelo então presidente Juscelino Kubitchek de Oliveira (JK). Uma das obras pioneiras da construção de Brasília, juntamente com o Palácio da Alvorada, foi projetado por Oscar Niemeyer, sendo o primeiro hotel da cidade (figura 1). Possui caráter simbólico e histórico para a cidade, representando um marco na vida cultural e social nos anos 60 e 70. Seu valor abrange o testemunho histórico e arquitetônico, além da grande contribuição na conservação da identidade da cidade.

A arquitetura do Brasília Palace Hotel é caracterizada por diversos elementos do movimento Moderno, como a planta e fa-

chada livres, volumes puros, pilotis e modulação. Além disso, o conjunto representa uma síntese de aspectos específicos do modernismo brasileiro e da própria obra de Oscar Niemeyer, como a sinuosidade da vedação vítrea do salão, o contraste entre formas curvas e ortogonais e a própria leveza das fachadas.



Figura 1 - Fotos do Brasília Palace Hotel na década de 60

Fonte: Arquivo Público do DF

Após sofrer um incêndio em 1978, o BPH passou a figurar na memória dos brasilienses como a carcaça às margens do Lago Paranoá. Várias tentativas de restauro foram realizadas em vão, por desacordos entre proprietários e arrendatários. O hotel foi construído com dinheiro público, pela Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP), sucedida em 1972 pela Companhia Imobiliária de Brasília (TERRACAP). O BPH está localizado no SHTN - Setor de Hotéis e Turismo Norte.

O desafio para uma intervenção no BPH é a conciliação entre as diversas propostas de estratégias bioclimáticas e sustentáveis que o adequariam ao clima de Brasília e a máxima preservação de suas características modernistas^c, que configuram uma arquitetura representativa de uma época.

O segundo edifício objeto de estudo é o Palácio Itamaraty (figura 2), sede do Ministério das Relações Exteriores em Brasília,

também projetado por Oscar Niemeyer e equipe, tendo sua construção finalizada em 1969 (MRE, 2006). Está localizado na Esplanada dos Ministérios e difere totalmente do padrão dos outros edifícios ministeriais, tendo caráter monumental e com grande expressão plástica.

A Esplanada dos Ministérios faz parte da escala monumental do Plano Piloto, protegida pela Lei Federal nº 3.751, de 13 de abril de 1960 (Lei Santiago Dantas), pelo Decreto nº 10.829, de 14 de outubro de 1987 e pela inscrição nº 532 no Livro do Tombo Histórico do Instituto Brasileiro do Patrimônio Cultural - IBPC, hoje Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - IPHAN (CARVALHO, 2006). Além disso, o Plano Piloto de Brasília consta na lista dos bens de valor universal pelo Comitê do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural da UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.

Todas estas regulamentações fazem com que os edifícios localizados na Esplanada sejam objeto de cuidadosa atenção por parte dos administradores, evitando qualquer intervenção que possa minimamente interferir na configuração original dos mesmos.



Figura 2 - Fachadas principal e lateral do Palácio Itamaraty

Devido ao tombamento, qualquer proposta de modificação na edificação deve ser seguida de uma análise criteriosa da interferência das possíveis soluções propostas, de forma a preservar o patrimônio histórico.

As intervenções nos edifícios de valor histórico vêm se baseando no emprego de técnicas de *retrofit* imobiliário, solução esta indicada pela Carta de Burra, elaborada pelo Conselho Internacional de Monumentos e Sítios - ICOMOS, que define o significado e extensão dos termos pertinentes à preservação de edifícios que possuam significação cultural (GRILLO, 2005).

Estas técnicas de *retrofit*, principalmente as relacionadas com conforto ambiental e uso racional de energia, atuam com a intenção de forma a melhorar sua qualidade ambiental e torná-los mais eficientes energeticamente.

O estudo investiga soluções de melhoria para um maior aproveitamento da iluminação e ventilação natural no Palácio Itamaraty e no Brasília Palace Hotel, preservando as características modernistas e minimizando os gastos energéticos, através da redução do uso de iluminação artificial e ar condicionado.

1.1 Clima de Brasília: condicionante de projeto

O clima de Brasília é classificado como Tropical de Altitude, de acordo com a classificação de Köppen, onde são identificadas duas estações nitidamente distintas: quente-úmida (outubro a abril) e seca (maio a setembro). Maciel (2002) sugere a distinção de um terceiro período, dentro do período seco, que seria classificado como quente-seco e abrangeria os meses de agosto e setembro.

A temperatura do ar média é de 21,6 °C. Setembro pode ser considerado um dos meses mais desfavoráveis do ponto de vista do conforto térmico, apresentando elevadas temperaturas e baixa umidade relativa. As amplitudes diárias podem alcançar valores consideráveis, principalmente na época seca. A umidade relativa do ar mé-

dia é de 70%. O mês mais seco é o mês de agosto, com 56% de umidade relativa média. A umidade relativa mínima absoluta registrada é de 8%, no mês de setembro. A insolação anual média é em torno de 2.400 horas, com uma probabilidade de horas de sol em torno de 60%. A precipitação total média é cerca de 1435mm.

Os ventos predominantes são leste e sudeste na maior parte do ano, e noroeste nos meses mais chuvosos. Durante todo ano predominam as velocidades dos ventos de 2 a 3 m/s e de maneira secundária as velocidades de 3 a 4 m/s.

Segundo a norma brasileira NBR 15220-3 (ABNT, 2005), Brasília está localizada na zona 4, cujas principais estratégias bioclimáticas recomendadas para o desconforto por frio são massa térmica e ganho solar passivo; para o desconforto por calor a norma recomenda ventilação, massa térmica para resfriamento e o resfriamento evaporativo. Segundo a carta bioclimática de Givoni (Maciel, 2002) o uso de sistemas artificiais (aquecimento artificial e ar condicionado) é necessário somente durante 87 horas do ano, no caso de desconforto por frio e durante 7 horas, no caso de calor. Recomenda-se aberturas de tamanho médio (de 15% a 25% da área do piso) e sombreadas.

2. BRASÍLIA PALACE HOTEL

O projeto de reabilitação do BPH propõe a manutenção das características modernistas do edifício, preocupando-se, no entanto, com os aspectos ambientais, através da introdução de estratégias projetuais e tecnológicas para máximo aproveitamento dos recursos naturais, como iluminação e ventilação naturais, radiação solar e água da chuva, que otimizam o conforto e o desempenho ambiental do edifício.

2.1 Projeto original

Os 3.000 m² do edifício foram concebidos com base no repertório arquitetônico tradicional de Oscar Niemeyer: um prédio em lâmina repousando sobre pilotis, com uma

marquise térrea no centro e um volume semi-enterrado de serviços anexo. Os veículos chegam por uma via que cruza os pilotis da edificação, liberando o passageiro em frente à recepção do hotel. A recepção, que fica num pavimento semi-enterrado, é acessada por uma rampa desde o acesso de carros nos pilotis. O pavimento térreo só é acessado após a passagem pela recepção, por meio de uma escada. A ventilação da recepção é feita somente por janelas basculantes quase do nível do teto.

No pavimento térreo há a laje em T, que é um saguão decorado com um mural de azulejos do artista Athos Bulcão, esculturas e pinturas parietais também do mesmo artista, e delimitada a leste por uma vedação de vidro sinuosa, que rendeu a esse ambiente grande parte dos registros visuais da edificação antes do incêndio de 1978. Neste saguão funcionavam um restaurante e uma boate, separados por paredes curvas. A boate foi, nos anos 60, famoso ponto de encontros políticos, diplomáticos e lazer da cidade. O pavimento tipo compõe-se de um longo corredor que dá acesso aos quartos, 135 no total do hotel, sendo 45 por andar. As fachadas são de cobogós e vidro para o poente e grandes esquadrias de vidro para o nascente. O edifício é uma lâmina orientada no eixo norte-sul, o que torna fundamentais as soluções para controle térmico.

2.2 Projeto de intervenção: a reabilitação ambiental

Buscando adequar o projeto às novas necessidades, foram feitas alterações visando à melhoria das condições climáticas do edifício, de modo a reduzir ou anular a necessidade de sistemas ativos de climatização (ar condicionado), diminuindo gastos de energia, bem como a otimização da iluminação natural para economia da luz elétrica durante o dia. Foram também desenvolvidas estratégias para o uso racional da água e sistema de aquecimento solar e fotovoltaico, este último integrado à rede pública.

2.3 Estratégias bioclimáticas

Segundo diversos estudos, o clima de Brasília é muito adequado para a utilização de meios passivos para climatização. As estratégias bioclimáticas propícias ao clima local são: uso da ventilação cruzada controlada, inércia térmica da construção, proteção solar e resfriamento evaporativo. Estas estratégias foram aplicadas ao projeto de reabilitação do BPH, juntamente com estratégias de sustentabilidade, envolvendo tanto o projeto de arquitetura quanto os projetos complementares (instalações).

Na nova proposta, a única modificação funcional foi na recepção, que passa para o nível térreo, sendo acessada por uma rampa ascendente. O antigo local da recepção é agora destinado a três auditórios de paredes removíveis para oferecer maior versatilidade. Estes auditórios são acessados pela antiga rampa da recepção que foram totalmente climatizados por ar condicionado. Este é o único ambiente do hotel onde se utiliza climatização artificial. O antigo saguão contém agora a recepção, o restaurante nas mesmas dimensões e um espaço multiuso, no lugar da antiga boate. A cozinha, que se situa próxima ao restaurante, terá um sistema de circulação de ar forçado.

O antigo saguão terá uma escada em espiral para acessar à cobertura da laje, agora com tratamento de vegetação, conhecido como "green roof" ou teto verde, que aumenta sua inércia térmica, fazendo com que a laje apresente uma maior resistência a mudanças de temperatura.

A alta inércia térmica é, particularmente, benéfica em regiões de clima seco, como o de Brasília, onde há uma grande diferença entre as temperaturas diurnas e noturnas externas. Além disso, em uma cobertura vegetal úmida ocorre dissipação de calor através do fenômeno de resfriamento evaporativo. A massa térmica de camada de terra reduz as variações de temperatura diárias, tanto no verão quanto no inverno. A cobertura terá então duas funções: espaço contemplativo do lago com caminhos em meio ao novo paisagismo, e cobertura vegetal para o aumento da inércia térmica da

laje. (figura 3)

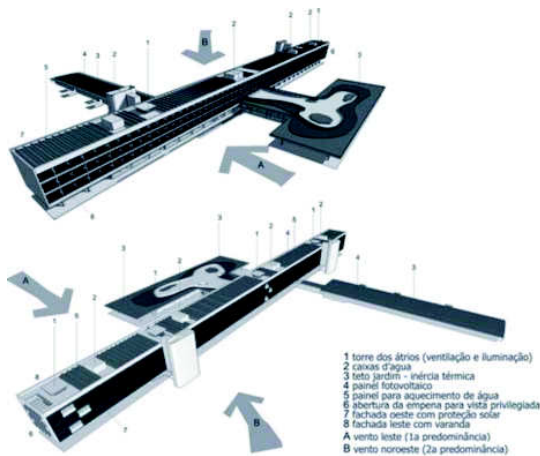


Figura 3: Estratégias bioclimáticas e sustentáveis adotadas no projeto de reabilitação ambiental do BPH

No pavimento tipo as principais alterações estão relacionadas à criação de quatro átrios ao longo do corredor que melhoram a iluminação natural e a ventilação do edifício. Estes átrios cortarão o edifício do pavimento térreo à cobertura, onde se localizam suas torres (figura 4).

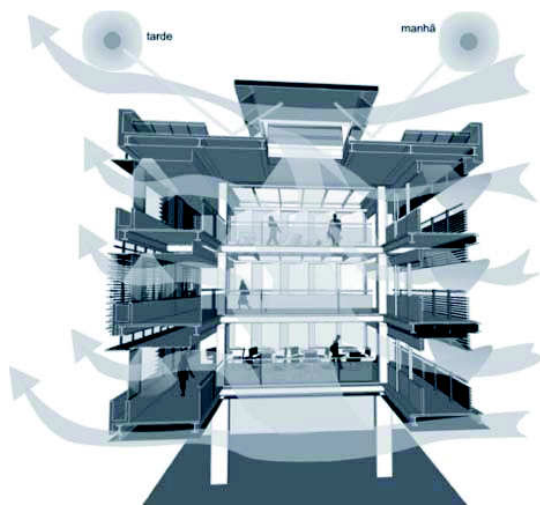


Figura 4: Corte transversal, mostrando o esquema de ventilação e iluminação natural através dos átrios

A função dos átrios é a de otimizar iluminação e ventilação naturais nos espaços comuns (corredores e halls), além de interromper a excessiva linearidade dos corredores que dão acesso aos quartos. Em praticamente todas áreas de circulação há mecanismos para aproveitamento da iluminação e ventilação natural, esta última

através do efeito chaminé (pela cobertura) e cruzada (entre janelas).

Na fachada oeste, que recebe forte insolação durante a tarde, serão utilizados painéis de madeira de alto grau de durabilidade, formando um módulo que se repete ao longo de todo edifício, composto por brises horizontais e montantes verticais (figura 5). Os montantes serão direcionados para o noroeste, melhorando a visibilidade para o lago e aumentando área de ventilação.

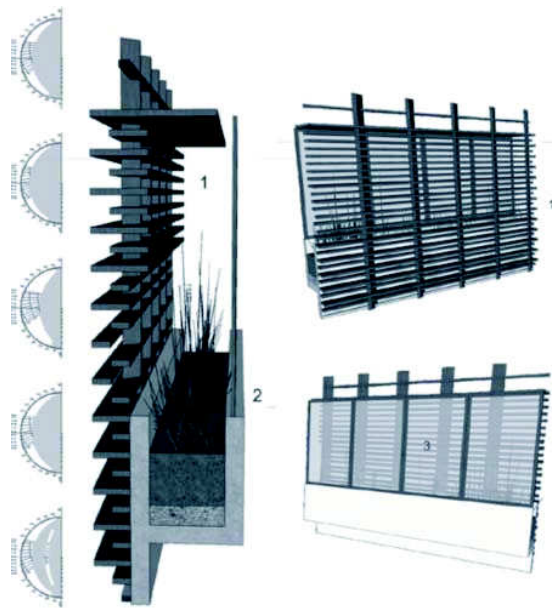


Figura 5: Elementos de proteção solar na fachada oeste (Fonte: AMORIM et al, 2005)

Na localização dos átrios existem módulos sem os painéis de madeira que deixarão à mostra as esquadrias e as jardineiras de concreto pré-moldado. Estas jardineiras foram projetadas para se localizarem entre o corredor de acesso aos quartos e as esquadrias mencionadas, umedecendo a entrada de ar no corredor e tornando-o mais agradável. As novas esquadrias serão móveis, de fácil abertura e manutenção, permitindo várias possibilidades de ventilação. A linguagem adotada na fachada oeste com os painéis de madeira busca harmonizar a horizontalidade e aparência geral do edifício original que era composto por cobogós de concreto.

Nos quartos foi proposta uma varanda, com brises protetores na fachada e separada por uma esquadria com um sistema de

persiana sanfonada externa. A ventilação do quarto é melhorada estabelecendo uma generosa área de abertura para circulação no forro do teto, propiciando uma constante ventilação cruzada controlável (figura 6).

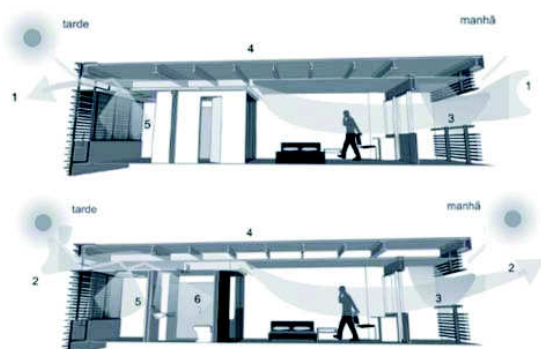


Figura 6: Estratégias bioclimáticas nos quartos (Fonte: AMORIM et al, 2005)

Na varanda, junto aos brises horizontais de madeira (figura 7), haverá um sistema de resfriamento evaporativo com equipamentos para minimizar o uso da água, como medidores de temperatura e umidade e aeradores.

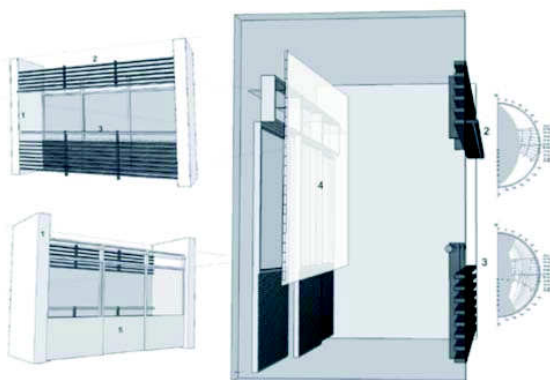


Figura 7: Elementos de proteção solar da fachada leste (Fonte: AMORIM et al, 2005)

A cobertura do edifício principal abrigará painéis fotovoltaicos e painéis para aquecimento de água e servirá para a captação e armazenamento de águas pluviais. No edifício semi-enterrado a cobertura terá jardins e painéis fotovoltaicos.

As análises de ventilação e iluminação foram apoiadas por cálculos e simulações, realizadas com o software de simulação ambiental integrada ECOTECT (figura 8).

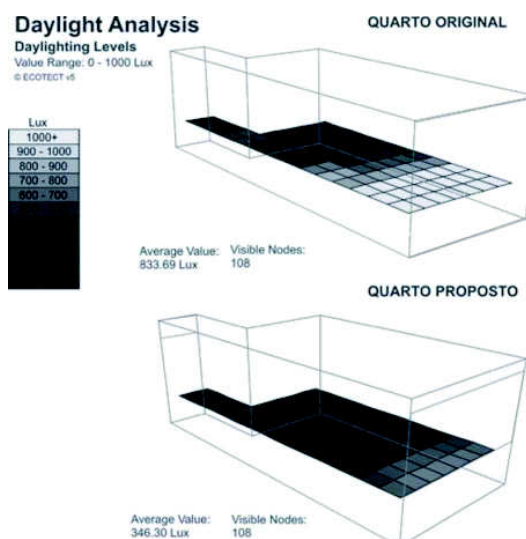


Figura 8: Simulação de iluminação natural nos quartos (software ECOTECT) (Fonte: AMORIM et al, 2005)

Nos quartos, comprovou-se a redução da carga de radiação solar direta em 90% devido às estratégias de proteção solar - temperaturas internas dentro da zona de conforto, redução de 3° a 4° C nas horas mais quentes, com relação à situação original.

Nas áreas comuns (corredores, halls) a iluminação natural fornecerá uma autonomia em 80% das horas do dia, o que significa substancial economia de energia elétrica. Somando-se a economia da iluminação artificial com a economia derivante da redução do uso do ar condicionado, chega-se a uma economia média de 50% da energia elétrica, comparado a um hotel convencional.

2.4. Sistemas de instalações

A energia solar fotovoltaica é uma fonte renovável e inesgotável de energia elétrica que permite sua produção no local de consumo. O sistema que apresenta melhor rendimento para aplicação no BPH é o sistema integrado à rede de energia pública. A energia gerada pelos painéis fotovoltaicos é convertida em energia alternada e colocada para consumo imediato. Neste caso, a rede pública é conectada como fonte supridora de energia em períodos sem geração fotovoltaica, como os períodos noturnos. No caso de produção de energia

fotovoltaica superior ao consumo da edificação, o sistema passa a fornecer energia à rede pública.

Os sistemas de captação e reutilização das águas e os outros sistemas de economia mencionados poderão proporcionar uma economia de cerca 80% no consumo de água, com relação a um hotel convencional.

Pode-se prever, através da incorporação das novas técnicas no projeto, uma economia de 50% do consumo de energia elétrica e de 70 % do consumo de água, comparados a um hotel convencional.

2. PALACIO ITAMARATY

Palácio Itamaraty possui volume com planta quadrada e fechamento em vidro sob colunas interligadas por arcos plenos em concreto, posicionadas sobre um espelho d'água. As esquadrias são de alumínio, com janelas do tipo guilhotina recuadas 6 metros em relação à cobertura. Pavimento térreo e o segundo pavimento são ocupados por escritórios e gabinetes e o terceiro abriga os salões de exposições, banquetes e uma área de terraço.

O segundo pavimento é interligado através de duas passarelas ao edifício Anexo I, situado ao sul do Palácio.

A parte central do edifício é ocupada por um grande vestíbulo em dois níveis interligados por uma escala helicoidal.

Os gabinetes são voltados para as fachadas leste e oeste, sendo caracterizados por um assoalho de madeira do tipo ipê no piso; teto em gesso, pintado na cor branca; paredes opostas às janelas revestidas com madeira do tipo freijó e as laterais pintadas na cor branca. A maioria das salas possui persianas verticais, fabricadas em tecido, na cor verde, que permanecem fechadas durante todo o dia, devido não só à insolação, mas também à necessidade de privacidade (GRILLO, 2005).

A edificação apresenta problemas de conforto ambiental, principalmente o corpo principal todo envidraçado, que recebe alta insolação, além da falta de privaci-

dade. Funcionam de 9 às 19 hs (10 horas de expediente diário), sendo os escritórios totalmente condicionados com um sistema central de ar de expansão indireta por água gelada, composto por torres de resfriamento de água, refrigeradores e dutos de insuflamento de ar. O sistema se apresenta insuficiente para promover condições de conforto térmico, sendo complementado por aparelhos individuais, instalados nas janelas que comprometem a composição das fachadas.

Sistema de iluminação artificial dos escritórios foi modificado em 2002, sendo atualmente constituído por luminárias de embutir para duas lâmpadas fluorescentes de 32W, com refletor e aletas parabólicas em alumínio brilhante, instaladas transversalmente em relação à fachada. O sistema de acionamento é comandado por um detector de presença e sensor de luz instalados no teto. A fotocélula do sensor realiza a leitura da luz natural disponível, impedindo que a iluminação seja acionada quando o nível de iluminância for superior a 500 lux, mesmo que haja detecção de presença.

3.1 Problemas existentes e oportunidades para um edifício público sustentável

Os principais problemas observados nos edifícios são oportunidades para intervenções na arquitetura dos mesmos, potencializando estratégias passivas, porém mantendo a arquitetura original e o layout interno. Decidiu-se intervir principalmente nos gabinetes do Palácio, considerando que são as áreas onde ocorrem as atividades mais importantes, e com grande potencial para melhoria do conforto ambiental e eficiência energética.

O problema mais premente é insuficiente proteção solar e pouco aproveitamento da luz natural nas fachadas leste e oeste. Os gabinetes recebem luz solar direta pela manhã e pela tarde. Os usuários fecham as persianas para reduzir calor e ofuscamento, reduzindo significativamente luz natural e provocando acendimento automático das luzes, pois o nível de iluminância fica neste caso quase sempre abaixo de 500 lux.

Além disso, o vidro utilizado (fumê) é inadequado para o clima local, absorvendo grande parte da radiação incidente e reemitindo-o para o interior, além de reduzir bastante a luz natural.

As principais queixas dos usuários são excesso de incidência solar direta, calor, dependência do sistema de ar condicionado e falta de privacidade, devido às fachadas totalmente envidraçadas. Isto evidencia o desejo de controle do ambiente por parte do usuário, do ponto de vista térmico e luminoso.

É importante salientar que o hall central do Palácio apresenta-se com temperatura extremamente agradável, pois é sombreado, ventilado (aberto na lateral) e possui jardins internos. A criação de aberturas em outras partes do edifício facilitaria o escoamento do ar interno, propiciando a ventilação diurna controlada e o resfriamento noturno da massa. Este sistema poderia ser combinado com o ar condicionado existente, nas horas de maior calor, constituindo uma estratégia híbrida.

O edifício apresenta também grande potencial para captação de energia solar, devido à grande área de cobertura.

3.2 Propostas de intervenção

3.2.1 Estratégias bioclimáticas para o edifício

- **Ventilação natural controlada diurna:** em três modalidades (de conforto - na altura do usuário, estrutural e para renovação do ar) nos gabinetes;
- **Ventilação noturna da massa:** resfriamento convectivo da massa é uma técnica eficaz de resfriamento passivo, quando a amplitude térmica diária no verão for maior de 6°C (Brasília tem amplitude térmica diária de 13,8°C em setembro e 8,8°C em dezembro). Além disso, o edifício possui bastante massa no seu interior, com paredes duplas e laje espessa;
- **Proteção solar das aberturas:** através da adoção de elementos internos e película de controle solar, que não interferem na arquitetura original; e

- **Resfriamento evaporativo:** através da adoção de sistemas de vaporização de água, formando uma cortina nas janelas dos gabinetes.

3.2.2 Estratégias para eficiência energética e sistemas renováveis

Nos gabinetes propõe-se a colocação das luminárias existentes em fileiras paralelas à fachada para poder controlar seu acendimento de forma mais racional e a redução da carga instalada, otimizando as lâmpadas e reatores.

É previsto o uso do ar condicionado combinado à ventilação natural, nos momentos em que esta não for suficiente para o conforto térmico, e também nas salas confinadas, onde não for possível a ventilação natural. O ar condicionado terá a possibilidade de controle diferenciado nas salas localizadas em diferentes fachadas e locais dos edifícios, de forma a permitir a otimização de seu uso.

Propõe-se a adoção de energia fotovoltaica para produção de energia elétrica, uma vez que o Palácio possui extensa área de cobertura completamente desobstruída, onde poderiam ser localizados as placas e painéis fotovoltaicos, sem nenhum prejuízo à estética arquitetônica.

3.3 O projeto proposto

3.3.1 Ventilação natural dos gabinetes

A proposta é dotar todos os gabinetes de uma adaptação do peitoril ventilado (BITTEN COURT, 2006), para possibilitar a ventilação da parte inferior (abaixo de 1 m). Acima do peitoril, as esquadrias existentes serão adaptadas para um modelo do tipo guilhotina, permitindo a abertura de até 55 cm de altura em toda a extensão da sala. A 2.10 m de altura, acima da prateleira de luz, a esquadria também será do tipo guilhotina, permitindo uma abertura máxima de 55 cm, em toda a extensão da sala. Todas as aberturas terão a possibilidade de fechamento. As janelas receberão a persiana horizontal perfurada, com comandos independentes para permitir o controle da iluminação natural e privacidade. A janela

superior (acima da prateleira) e peitoril receberão uma proteção com tela para evitar a entrada de insetos e pequenos pássaros.

Na parte superior da parede oposta às janelas haverá um duto de saída de ar com 50 cm de altura. Este liga a respectiva sala com o corredor que dá acesso às passarelas, passando por cima da sala de secretária. A entrada do duto possui lamelas móveis que permitem controle de fluxo de ar. A estratégia de dutos permite a ventilação natural evitando problemas acústicos ou de privacidade.

A figura 9 ilustra as três possibilidades de aberturas para ventilação.

- Opção 1: Ventilação máxima - estrutural e de conforto máximo com vazão de cca. 96 renovações por hora;
- Opção 2: Ventilação estrutural e de conforto média; e
- Opção 3: Ventilação estrutural.

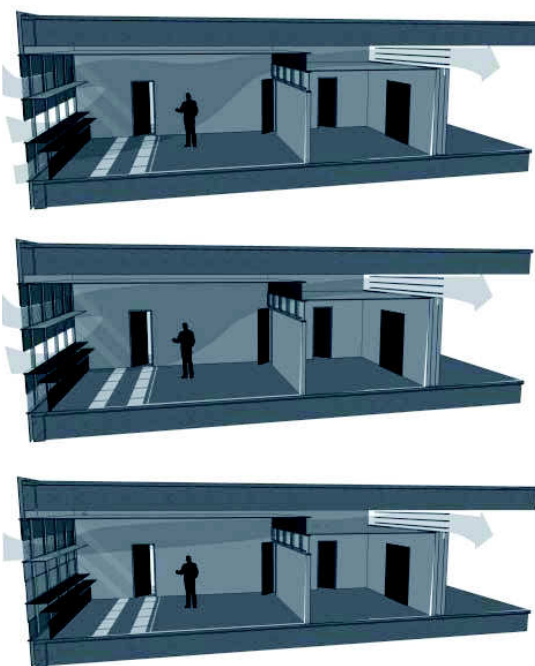


Figura 9: Aberturas para ventilação - Opção 1, 2 e 3, respectivamente

Nas paredes das passarelas para o edifício Anexo I se propõem esquadrias móveis que servirão como saída para o fluxo de ar proveniente dos gabinetes. Incorporou-se também a proteção para sol e chuva em forma de cobertura com brises. (Figura 10)



Figura 10: Passarelas ventiladas e cobertura para proteção solar (veja mascaras de sol)

3.3.2 Proteção solar e distribuição de luz natural

Em todas as janelas do Palácio se propõe a colocação de película de proteção solar, para minimizar a carga solar. Como a estética das fachadas deveria ser preservada, optou-se por uma película transparente tipo filme, com Coeficiente de Sombreamento de 0,53 e Fator de Ganho Solar de 0,43. Estas características melhoram o desempenho do vidro, reduzindo o ganho solar, sem alterar a aparência da fachada. Além disso, os gabinetes receberão uma prateleira de luz colocada a 2,10 m de altura, para otimizar a distribuição da luz solar direta.

Todos os gabinetes serão dotados de persianas de alumínio horizontais com perfuração de 50%, que permitem a vista externa mesmo quando fechadas. O controle diferenciado possibilita diferentes combinações de abertura, permitindo a penetração somente da luz por cima da prateleira de luz, quando desejável, deixando o restante da persiana fechada, para garantir privacidade e proteção solar. (Figura 11 abaixo)

3.4 Avaliação das propostas

Para avaliar as propostas, foram efetuadas medições e testes em uma sala protótipo, questionários com os usuários, cálculos preliminares e simulações computacionais (softwares ECOTECH, IES e RADIANCE). A seguir descrevem-se os procedimentos de cada uma.

3.4.1 Medições e testes em salas protótipo: sistemas de iluminação natural e proteção solar

A eficiência do sistema de iluminação natural e proteção solar quanto ao conforto visual e térmico foi testada (GRILLO, 2005)

através da comparação de uma sala onde foi instalado o sistema completo (película, prateleira de luz e persiana perfurada) com uma sala original (persianas verticais) - Figuras 11 e 12.



Figura 11: Sala original com persianas (Fonte: Grillo, 2005)



Figura 12: Sala protótipo com modificações propostas (persianas de alumínio perfuradas, prateleira de luz e película de controle solar) (Fonte: GRILLO, 2005)

Realizaram-se as medições de iluminância, temperatura do ar, temperatura de globo e umidade nas duas salas simultaneamente em três dias (28/08, 03/09 e 22/10) nos horários de 9, 12 e 15 hs.

Os resultados demonstraram uma melhoria significativa na quantidade de luz natural no ambiente (o Coeficiente de Luz Diurna passa de valores entre 0,12 e 0,80 para valores entre 0,84 e 2,21). Também a melhoria na uniformidade de distribuição da luz natural é notória, atestada pelo aumento do coeficiente U_0 de 0,30 para 0,80 em média. Desta forma, comprovou-se a eficácia do sistema, atendendo também às

exigências dos usuários com relação à privacidade e vista para o exterior (GRILLO, 2005).

Foram realizadas também as medições com a iluminação artificial parcialmente acesa, nas horas de menor quantidade de luz natural (de 12:00 às 18:00 horas na fachada leste e de 9:00 às 12:00 horas na fachada oeste). Nessas condições observou-se que os sistemas propostos instalados permitem alcançar níveis muito próximos dos ideais (500 lux) com apenas 50% das luminárias existentes acesas (GRILLO, 2005).

3.4.2 Avaliação dos usuários referente às condições de iluminação das salas protótipo

Para avaliar os sistemas de luz natural e sistemas de controle da iluminação, foram aplicados questionários a respeito das impressões dos usuários durante o desenvolvimento de atividades típicas de escritório nas duas salas. Todos os usuários destacaram as condições favoráveis da sala de testes, o que confirmou as medições ambientais efetuadas anteriormente (GRILLO, 2005).

3.4.3 Desempenho das salas protótipo com relação ao conforto térmico: medições

Foram realizadas medições das temperaturas de bulbo seco e úmido, de globo e umidade relativa, com portas e janelas fechadas. A partir dos dados obtidos calcularam-se, por meio do programa Análises CST, os índices PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*)^d. Os resultados demonstram que houve uma redução média de 2°C na temperatura do ar e temperatura de globo, e uma redução no percentual de pessoas insatisfeitas (PPD) em média de 10% (GRILLO, 2005).

3.4.4 Simulações de desempenho térmico

As simulações de desempenho térmico, realizadas com o software ECOTECH para solstícios e equinócios comprovaram melhoria térmica dos ambientes, em todos os períodos do ano, além dos que já foram evidenciados com a medição *in loco*.

As temperaturas internas são resultado de condições climáticas, arquitetônicas e

de uso. As simulações mostraram que nos dias analisados as temperaturas nos gabinetes mantêm-se dentro dos limites de conforto somente no dia 21 de junho. Nos outros dias ultrapassam este limite (29°C) durante a maior parte do horário de trabalho. Há uma elevação de temperatura nos gabinetes voltados para leste logo no início do expediente, devido aos ganhos solares diretos. Ao longo do dia as temperaturas se mantêm elevadas principalmente devido aos altos ganhos internos.

Comparando os gráficos de temperaturas simuladas (gráfico 1 e 2) percebe-se uma redução das temperaturas de aproximadamente 4°C em todas as épocas do ano. O uso do ar condicionado se mostra necessário somente em determinados horários dos dias mais quentes.

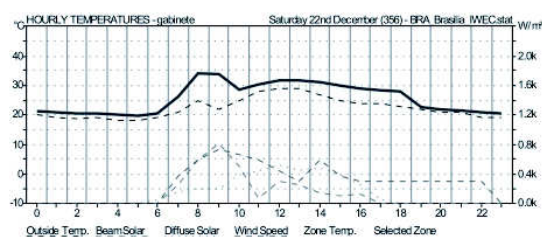


Gráfico 1: Simulação de temperaturas no gabinete leste - 22 de dezembro - situação original

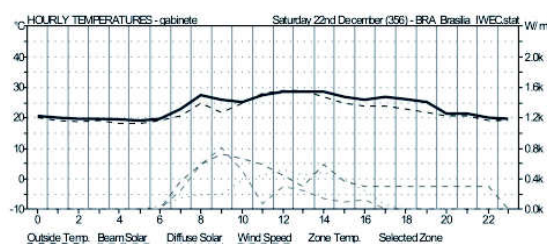


Gráfico 2: Simulação de temperaturas no gabinete leste - 22 de dezembro - situação proposta

3.4.5 Simulações de iluminação natural

Com relação ao uso da iluminação natural e conforto visual, as simulações realizadas com o software RADIANCE evidenciaram os problemas já constatados anteriormente: incidência de luz solar direta com as persianas abertas, em níveis excessivos (Figura 13).

As simulações demonstraram que as estratégias projetadas melhoram os níveis de iluminação, obtendo maior uniformidade

e atenuação dos níveis de luz natural para as tarefas visuais do ambiente (Figura 14).



Figura 13: Simulação de iluminação natural dos gabinetes (às 10 horas) situação original



Figura 14: Simulação de iluminação natural dos gabinetes (às 10 horas) situação proposta (Fonte: AMORIM et al, 2006)

3.4.6 Cálculos e simulações de ventilação natural (software IES)

O sistema de ventilação natural foi testado através de cálculos manuais e simulações com o software IES. Os cálculos demonstraram a possibilidade de até 96 renovações de ar por hora com vento leste nos gabinetes voltados para leste. Na fachada oposta, no verão, com vento predominante noroeste, pode-se alcançar também até 96 renovações por hora.

Nos períodos em que o ar externo atinge temperaturas acima do nível de conforto ou em que o vento não atinge velocidade suficiente, é prevista a utilização de ar condicionado com comando diferenciado para os ambientes situadas nas diferentes fachadas.

Para verificar o comportamento da ventilação realizaram-se simulações computacionais com o simulador MicroFlo do software Integrated Environmental Solutions Limited - Virtual Environment (IES - VE). As simulações foram realizadas considerando rajada de vento com velocidade de 1,48 m/s.

A figura 15 representa a simulação da ventilação máxima (com todas as aberturas abertas) dos gabinetes. Os resultados foram idênticos para as duas orientações.

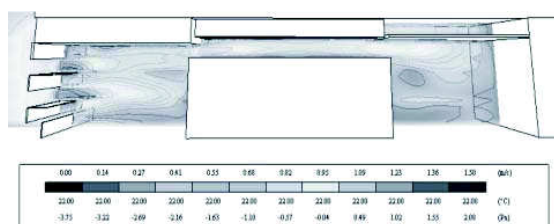


Figura 15: Simulação da ventilação natural nos gabinetes (fachadas leste e oeste) (Fonte: AMORIM et al, 2006)

A velocidade média do ar é de aproximadamente 1,0 m/s. Nas áreas próximas ao piso, teto, esquadrias fixas e parede oposta à esquadria as velocidades são mais baixas - entre 0,0 e 0,4 m/s.

Constata-se que as estratégias propostas são eficientes, permitindo velocidades do ar agradáveis na altura do corpo com todas as aberturas abertas. Ao mesmo tempo é possível controlar a ventilação através do fechamento das aberturas para a diminuição do fluxo, quando necessário.

3.4.7 Uso da energia solar: sistema fotovoltaico

De mesmo modo que no Brasília Palace Hotel optou-se pelo emprego do sistema de energia solar integrado à rede de energia elétrica pública, dispensando o uso de baterias. A energia gerada pelos painéis é convertida em energia alternada e colocada para consumo imediato. Deste modo, a rede pública é utilizada como fonte supridora de energia em períodos sem geração fotovoltaica. O sistema fotovoltaico atua como central geradora de energia em paralelo ao sistema público.

3.5 Estimativa do potencial de economia energética

3.4.8 Uso otimizado da luz natural e proteção solar nos escritórios

Para estimar a economia energética através do sistema de proteção solar, distribuição de luz natural e controle da luz artificial,

dividiu-se o número total de horas de trabalho (2500 hs) em intervalos de tempo representando as seguintes situações características de iluminação natural:

- alta disponibilidade de luz natural (lâmpadas apagadas) - cerca de 1250 h (50%);
- disponibilidade parcial de luz natural (lâmpadas parcialmente acesas) - cerca de 625 h (25%);
- baixa disponibilidade de luz natural (lâmpadas 100% acesas) - cerca de 625 h (25%).

Considera-se aqui que o usuário não terá a iniciativa de abrir e fechar as persianas enquanto está trabalhando, portanto a tendência natural é que as persianas fiquem quase sempre fechadas, ou abra-se somente a parte do meio para permitir a ventilação. Nesta condição, as lâmpadas aumentarão o nível de iluminância à medida que for necessário. Portanto, a economia estipulada proveniente da iluminação artificial nos escritórios é de 72,5%.

3.4.9 Uso de ventilação natural e ventilação noturna da massa

O uso da ventilação natural durante o dia poderá ser feito nos meses com temperaturas mais amenas, isto é, março, abril, maio, junho, julho, novembro e dezembro (potencialmente 7 meses no ano). O uso da ventilação noturna da massa poderá ser feito durante todo o ano. Estima-se que com estas estratégias a redução do ar condicionado seria de 50%.

A tabela 1 mostra resumidamente os dados referentes ao consumo de sistemas de iluminação e ar condicionado do Palácio Itamaraty, o potencial de economia de cada um dos sistemas e quanto isso representa do consumo total.

Tabela 1: consumo, potencial de economia e economia parcial

	% do consumo total	potencial de economia	economia parcial
Iluminação	7,6%	72,6%	5,5%
Ar cond.	49%	50%	24,5%

4. CONCLUSÕES

Em projetos de reabilitação deste porte, onde procuram-se aplicar as tecnologias integradas ao partido arquitetônico, demonstra-se que a questão ambiental pode e deve ser inserida na arquitetura. O processo de projeto, tanto em novas construções, quanto no caso de reabilitação de construções existentes, deve incorporar os novos conceitos ambientais e energéticos, integrando a arquitetura e instalações de forma a obter um produto completamente indissociável, onde se completa um ciclo, e cada elemento interage com os demais.

É importante mencionar que iniciativas deste gênero são rotina em outros países, que já incorporaram a sustentabilidade, inclusive em forma de leis e regulamentos. Com reabilitação ambiental e uso da luz natural há vantagens em todos os sentidos: edifícios mais saudáveis e com maior conforto ambiental, menores custos de operação das edificações, e um contexto ambiental mais preservado.

Nos casos apresentados, os dois projetos representam um avanço em direção a sustentabilidade e à qualidade ambiental, mantendo a estética e as características da arquitetura original, emblemática e representativa do Movimento Moderno e de Brasília. A manutenção e preservação da arquitetura original, com otimização de suas condições ambientais, faz com que esta se torne mais sustentável no sentido mais amplo da palavra.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Rio de Janeiro. NBR 15220-3: **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005.

AMORIM, C.N.D. et al. **Edifício Público Sustentável: Palácio Itamaraty**. Caderno Descritivo do Projeto para o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia 2006. Procel/ Eletrobras, Rio de Janeiro, 2006.

AMORIM, C.N.D. et al. **Reabilitação Ambiental do Brasília Palace Hotel**. Caderno Descritivo do Projeto para o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia 2005. Procel/ Eletrobras, Rio de Janeiro, 2005.

BITTENCOURT, Leonardo. **Ventilação natural**. Ed. UFAL, Maceió, 2006.

CARVALHO, Luísa Helena Figueiredo Villa-Verde. **Brasília - Patrimônio Cultural da Humanidade: o tombamento de Brasília**. Disponível nas páginas eletrônicas: http://www.asselegis.org.br/bsb_patr.htm.

GRILLO, José Carlos Soares. **Reabilitação ambiental de edifício público moderno: O caso do Palácio Itamaraty**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, 2005.

MARINOSKI, Deivis Luis; SALAMONI, Isabel Tourino; RÜTHER, Ricardo. **Pré-dimensionamento de sistema solar fotovoltaico: estudo de caso do edifício sede do CREA-SC**. ENTAC, ANTAC, São Paulo, 2004.

MRE. **Breve história da construção do palácio**. Disponível nas páginas eletrônicas: www.mre.gov.br/portugues/ministerio/palacio/palacio/index.asp. Acesso em 14/08/06.

SAFRA. **Palácio Itamaraty Brasília: Brasília, Rio de Janeiro**. São Paulo: Banco Safra, 2002.

NOTAS

a Equipe de projeto: estudantes José Maurício de Barros, Pedro Veloso e Renata Maciel, orientadora profa. Cláudia Amorim

b Equipe de projeto: arquitetos Darja Kos Braga, Evangelos Dimitrios Christakou, José Carlos Grillo, Thais Borges Sanches Lima, Valéria Baldoíno, engenheiro Ítalo Soares David e estudantes Sued Ferreira e Pedro Veloso.

c Em 2001, a construtora PaulOOctávio assumiu o projeto de reconstrução do Brasília Palace Hotel. O projeto de restauração e reconstrução foi desenvolvido pela equipe do arquiteto Oscar Niemeyer e equipe de arquitetos da PaulOOctávio. A edificação foi reinaugurada em 2006, como hotel 3 estrelas, tendo feito as adaptações necessárias para as normas de segurança atuais. O projeto aqui apresentado não foi o projeto executado, tratando-se de

um exercício acadêmico.

d Considerou-se vestimenta correspondente a 0,85 clo, atividade física de 70W e ar parado (0m/s).