

CONFORTO AMBIENTAL E PATRIMÔNIO HISTÓRICO - ESTUDO DE CASO DA CAPELA DO HOSPITAL DAS CLÍNICAS, SÃO PAULO

Anarrita Bueno Buoro (1); Rafael Silva Brandão (2); Alessandra Rodrigues Prata (3); José Ovídio Ramos (4); José Fernando Cremonesi (5); Paulo Sérgio Scarazzato (6)

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo
telefone (11) 3091.4681 ramal 208, fax: (11) 3091.4539

(1) e-mail: ritabuoro@usp.br

(2) e-mail: rafael.brandao@superig.com.br

(3) e-mail: arprata@terra.com.br

(4) e-mail: zeovidio@uol.com.br

(5) e-mail: fernandocremonesi@yahoo.com.br

(6) e-mail: psscarazzato@uol.com.br

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo feito para a capela do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, cujo complexo (inaugurado em 1944) foi tombado pelo CONDEPHAAT em 1981. A capela conta com diversas obras de arte tais como: vitrais, esculturas e afrescos de Brecheret, Pennacchi e Di Cavalcante, tombados em 1979.

O objetivo foi melhorar as condições de conforto térmico, acústico e luminoso, seguindo respectivamente critérios das normas ASHRAE 55-2004, NBR 101 e NBR 5413, com interferência mínima nas obras de artes ali localizadas. No estudo do ambiente luminoso houve a preocupação com a valorização do acervo e a melhoria das condições de preservação, buscando interagir as três áreas de forma integrada.

A necessidade prévia de substituição da cobertura, já degradada, favoreceu que a maioria das alterações se acoplassem a ela. Optou-se por um sistema de ventilação forçada com silenciador. O tratamento acústico foi projetado no forro, reduzindo o tempo de reverberação e melhorando a inteligibilidade. A iluminação geral foi solucionada com uma estrutura de cabos suspensos, atendendo às necessidades de leitura. A iluminação de destaque posicionou-se acima das duas esculturas maiores, realçando o Crucifixo e a imagem de São Paulo, além dos dois afrescos de Pennacchi, nas laterais do altar.

ABSTRACT

This paper presents a case study conducted in the chapel of the Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, whose buildings (inaugurated in 1944) were considered of historical interest, in 1981, by CONDEPHAAT. The chapel houses several artworks such as stained glass, sculptures and frescoes by artists such as Brecheret, Penachi and Di Cavalcanti, all of them considered of historical interest in 1979.

This study's objective was an intervention which would allow an improvement in thermal, acoustic and lighting comfort, considering ASHRAE 55-2004, NBR 101 and NBR 5413, respectively, without interfering with the works of art present. Lighting comfort also involved a concern with prominently displaying the collection and improving the conditions for its preservation.

The pre-existing necessity of replacing the roof, already degraded, drove most of the changes to be attached to it. In the end an option was made for a forced ventilation system with a silencer. The acoustic treatment was designed into the ceiling, reducing reverberation time and – thus – improving speech intelligibility. General lighting was resolved with a structure of suspended cables, which catered to reading requirements. Highlight lighting was positioned above the two larger sculptures (the Crucifix and a likeness of Saint Paul) and above the two frescoes by Penacchi on both sides of the altar.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o tombamento de edifícios pode refletir na dificuldade da sua adequação ao uso proposto e por vezes até mesmo prejudicar a conservação dos bens a serem preservados. A capela não é aberta ao público, sendo de uso exclusivo de funcionários, pacientes e seus familiares. Embora seja uma capela católica, e tenha uma capelania confiada à ordem religiosa dos camilianos, ela pode ser franqueada a ofícios de outras denominações religiosas, desde que para tanto solicitada.

Mudanças de uso ao longo dos anos, intempéries e alterações climáticas causadas pela urbanização da cidade podem resultar em desconforto para os usuários destes locais, bem como degradação dos objetos e do próprio edifício. A limitação das alterações requer cuidados especiais na readequação destes ambientes.

A capela do Hospital das Clínicas (HC) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo encontra-se em um complexo de edifícios de 1941 que foi tombado pelo CONDEPHAAT em 1981, ilustrada na Figura 1. Ela situa-se no topo do edifício e abriga diversas obras de arte tais como: vitrais, esculturas e afrescos de artistas como Brecheret, Penacchi e Di Cavalcanti, tombados em 1979.



Figura 1: Fotos da Capela

A importância de se preservarem as obras e as características dos elementos arquitetônicos do local foi determinante no partido adotado para solucionar o problema do conforto ambiental. Soma-se a isto a necessidade prévia de substituição da cobertura, em estado de degradação, incentivando para que a maioria das alterações fossem acopladas a ela.

Merece salientar que todos os vitrais superiores acima da porta de entrada da capela já possuem mecanismo de abertura, apesar de permanecerem fechados devido à dificuldade de acionamento dos mesmos (acoplados no nível da cobertura), Figura 2. Além disto, há necessidade de preservação do piso e rodapé de mosaico, determinando que as soluções se concentrassem na cobertura e nas paredes laterais da capela.

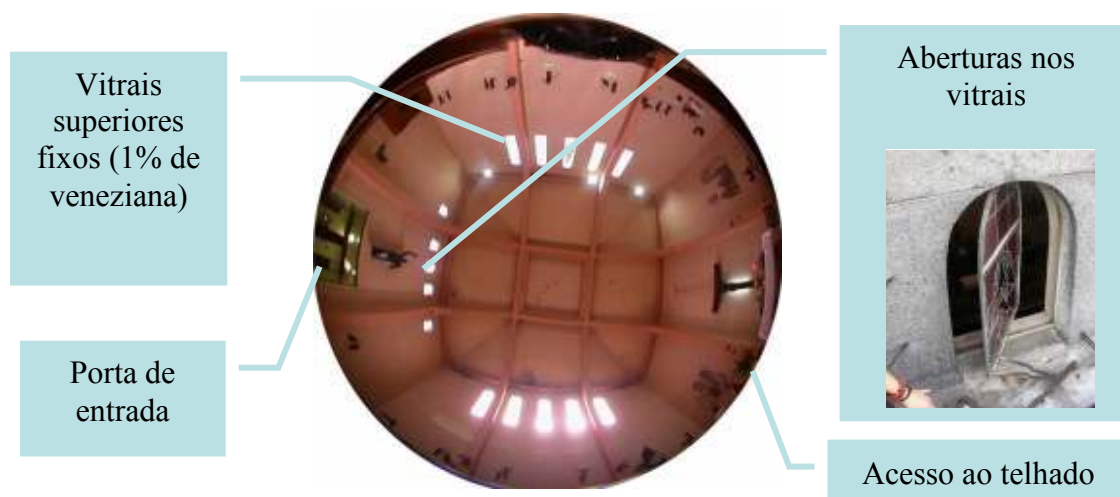


Figura 2: Aberturas do ambiente - capela

O local se caracteriza como um espaço predominantemente de curta permanência, exceto nos períodos de culto, condição importante para a determinação dos critérios de conforto térmico, visual e acústico, bem como no direcionamento das diretrizes de soluções adotadas neste estudo, realizado de janeiro a setembro de 2006.

2. CONFORTO LUMINOSO

2.1 Diagnóstico

O Projeto luminotécnico da Capela foi concebido de modo a valorizar a simplicidade de sua arquitetura, de planta quadrada, desprovida de adereços, mas valorizada pela presença de esculturas de Brecheret, vitrais de Di Cavalcanti e dois afrescos de Penacchi, artistas que dispensam apresentações.

O seu estado de conservação atual é bastante precário, mas já foram feitos levantamentos e há projeto de restauro e conservação em curso, sendo que o próprio projeto luminotécnico, executado de acordo com norma brasileira NBR – 5413 foi desenvolvido dentro da programação de recuperação e preservação do edifício.

2.2 Método de avaliação

A metodologia seguiu a mesma rotina do projeto de arquitetura. Iniciou-se no estudo preliminar, etapa na qual o conceito da iluminação é formulado: de onde vem a luz, de que tipo, com que temperatura de cor, como essa luz irá configurar o ambiente no geral e, se pertinente, o que irá destacar e com que intenção. Esta etapa significa, literalmente, mergulhar no “espírito” do projeto. Uma vez conceituada a iluminação, seguiram-se as simulações preliminares que dão orientação segura sobre a suficiência da iluminação proposta, em termos quantitativos, e com indicações sobre a qualidade da iluminação proposta. Depois desta etapa o trabalho seguiu seu curso, novamente assemelhado ao que ocorre com o projeto de arquitetura, embora com linguagem própria - etapas de anteprojeto e projeto executivo. Esta última, com elaboração de memórias e planilhas, além dos desenhos com indicações sobre a posição e tipologia das peças (luminárias e/ou projetores, no caso), distribuição dos circuitos e demais controles, como por exemplo dimerização e iluminação de emergência.

2.3 Proposta

A iluminação da capela foi proposta de modo a valorizar suas obras principais: a) na parede oposta à porta de entrada, atrás do altar, há um crucifixo, obra na qual Brecheret apresenta um Cristo vigoroso, com inequívoca conotação religiosa da vitória da vida sobre o sofrimento e a

morte; b) na mesma parede, dois afrescos de Penacchi, um à direita e outro à esquerda do crucifixo; c) sobre a porta de acesso, ao sair da capela o fiel tem a oportunidade de contemplar outra imagem carregada de simbolismo: a de São Paulo, o grande propagador da fé nos primórdios do cristianismo, num gesto como que a estimular a esperança.

Na Figura 3, as obras (a) e (b) ambas ilustradas na imagem centro enquanto que a escultura de São Paulo, no item (c) descrito cima, nas imagens das laterais.



Figura 3: Fotos das obras de arte no interior da Capela (esculturas e afrescos)

O crucifixo será iluminado a partir de focos de luz propiciados por lâmpadas halógenas com fechos de abertura de 4° e de 8°, através de projetores posicionados nas duas paredes laterais da capela, atrás dos pilares. Os focos de 4° serão obtidos com lâmpadas Halospot 111 (Osram) de 50W cada, com o objetivo de criar um destaque luminoso sobre a escultura. Os focos de 8° serão obtidos com lâmpadas Halospot IRC (Osram), de 35W cada, e se destinam a iluminar o painel que emoldura o crucifixo criando efeito “*wall washed*”.

Os afrescos serão iluminados com fechos de 8° e de 24° respectivamente, mediante o uso de lâmpadas halógenas Halospot 70 (Osram), de 50W, a partir de projetores posicionados nas paredes laterais, atrás dos pilares. As luminárias correspondentes serão providas de filtro translúcido, destinados a atenuar a iluminação de destaque sobre a obra. Esta estratégia destina-se a criar valores visuais diferenciados para a iluminação da escultura e para a iluminação dos afrescos.

Também a mesa do altar deverá ser iluminada por lâmpadas halógenas com fecho de abertura de 8°, por meio de lâmpadas halógenas Halospot IRC (Osram) de 65W, através de luminárias posicionadas nas duas paredes laterais.

A imagem de São Paulo, acima da porta de acesso, do lado interno da capela, será iluminada por projetores posicionados nas duas paredes laterais, próximo aos pilares. Os focos serão de 8°, obtidos pela adoção de lâmpadas Halospot IRC (Osram) de 35W cada.

Toda a iluminação de foco do interior da capela terá circuitos dimerizáveis para permitir o melhor ajuste de cada obra a ser destacada. Além disto, para enfatizar a simplicidade do ambiente, as imagens da Via Sacra, também de Brecheret, não receberão iluminação de destaque.

A iluminação geral da capela será feita por lâmpadas fluorescentes tubulares Lumilux T5 HO (Osram) de 54W cada e com temperatura de cor de 3.000 K, a mesma das lâmpadas halógenas, com a intenção de criar ambiente propício à introspecção e à oração, como convém a ambientes para fins religiosos. Esta iluminação será feita através de luminárias montadas em linha e suspensas em estrutura quadrada de *metalon* presa por cabos de aço ancorados nos pilares a 5,50 m. do piso. Nos quatro cantos desta estrutura serão instaladas quatro luminárias cilíndricas equipadas com duas lâmpadas fluorescentes compactas Dulux D/E (Osram) de 26W cada e com temperatura de cor de 4.000 K, de modo a marcar os cantos com uma

aparência de cor de luz diferente do restante do conjunto. Os dois circuitos previstos para esta iluminação não serão dimerizados.

A iluminação do Hall da capela será composta de uma luminária de fecho assimétrico para o quadro de avisos, equipada com uma lâmpada fluorescente tubular Lumilux T5 HO 54W/840 (Osram), uma lâmpada halógena Halospot IRC (Osram) de 65W e fecho de 24°, destinada a iluminar a imagem de São Camilo, e quatro lâmpadas halógenas dicróicas Decostar 51 IRC (Osram) de 35W e fecho de 38° instaladas no teto, em frente à porta de acesso. Além dessas, na parte central do forro modulado, serão instaladas duas luminárias C2345 com difusor central (Lustres Projeto) equipadas com duas lâmpadas fluorescentes compactas longas Dulux L 55W/840 (Osram), conforme padrão já adotado em outros ambientes e circulações do mesmo edifício. Terão circuitos dimerizáveis neste ambiente, as peças com lâmpadas halógenas.

A iluminação de emergência será provida por quatro luminárias *Petit* (Lumini) equipadas com lâmpada halógena bipino com bulbo fosco Halopin 66725AM 25W/220-240 V (Osram). A central de bateria desse circuito será instalada na sala dos capelães.

3. CONFORTO ACÚSTICO

3.1 Diagnóstico

Sendo adequado o isolamento acústico da capela pela distância de fontes sonoras externas e internas, o estudo de conforto acústico se restringiu a avaliação e proposições para redução do tempo de reverberação do ambiente interno. O grande volume do ambiente, aliado às superfícies lisas e refletoras, proporciona elevado tempo de reverberação, dificultando a inteligibilidade da voz humana, principal fator de desconforto acústico do ambiente.

3.2 Método de Avaliação

O critério de conforto acústico adotado está determinado pela norma NBR 101 de 1988: “Tratamento acústico em recintos fechados”, da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Para o cálculo do tempo de reverberação (Tr) foram consideradas as dimensões superficiais e a volumetria existente como condições originais. Comparando materiais com absorção acústica em diferentes frequências e seguindo as recomendações de eficiência de acordo com a norma NBR 101 chegou-se a uma melhor solução. Na Eq.01 tem-se o algoritmo da fórmula de Sabine que foi utilizado em planilha eletrônica durante o processo de comparação dos materiais.

$$Tr = 0,161V / S_1 \alpha_1 + S_2 \alpha_2 + \dots + S_n \alpha_n \quad \text{[Eq. 01]}$$

Onde: Tr – Tempo de Reverberação do recinto em segundos; V – volume do recinto em metros cúbicos; S₁, S₂,... S_n – área das superfícies interiores do recinto em metros quadrados; α₁, α₂,... α_n – coeficientes de absorção sonora das várias superfícies interiores e demais elementos absorventes do recinto, como usuários, bancos, etc.

3.3 Resultados e Recomendações

Foi calculada a condição atual do Tr, considerando os materiais existentes. Na Figura 4, esquerda (E), é possível identificar o alto tempo de reverberação em baixa frequência, com pico de 16 segundos.

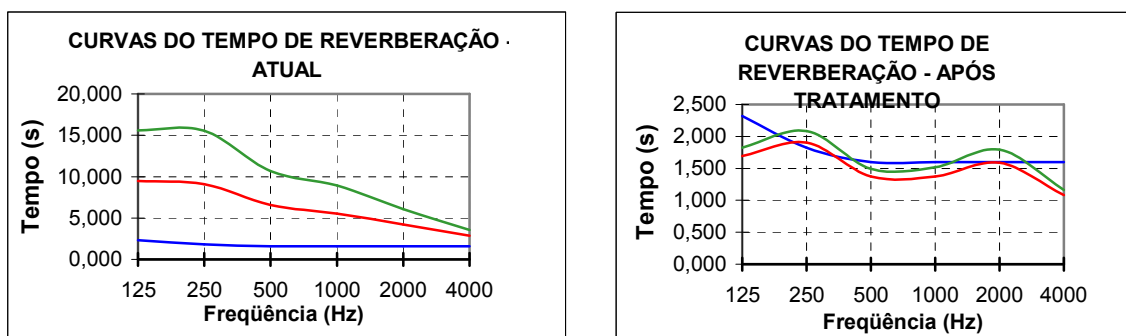


Figura 4: Curva do Tr: (a) Tr atual e (b), Tr proposta (após a inserção dos absorvedores acústicos)

A solução adotada mesclou quantidades de materiais absorvedores em todas as faixas de frequência, atendendo considerações suficientes para uma equalização uniforme e adequada às atividades-fim do ambiente, identificadas pela linha vermelha da Figura 4 (b).

O ambiente instalado em edifício histórico impõe restrições ao tratamento das principais superfícies. Foi sugerida a aplicação dos diferentes materiais na cobertura da capela, única superfície apta a receber revestimento absorvente sem interferir nas obras de arte, demonstrada na Figura 5. A proposta de instalação envolveu a eliminação do forro em estuque existente e a adoção de um forro isolante acústico abaixo das telhas. Sob este forro estarão fixadas as três diferentes soluções de revestimentos: absorvedores de baixa, média e alta frequência. Como revestimento final aparente, foi recomendado forro em placas metálicas perfuradas com 40% de área aberta, para não obstruir a passagem do som.

4. CONFORTO TÉRMICO

Com base na visita no local foram avaliadas as condições atuais de uso e as diversas possibilidades de intervenção para melhoria do conforto térmico e da ventilação interna do ambiente. Posteriormente, foi feita a avaliação do desempenho térmico da edificação nos diversos cenários, buscando elencar as soluções com maior qualidade para atender as condições de uso visando à eficiência energética.

4.1 Diagnóstico

Num primeiro momento foram avaliadas as características da edificação e suas fontes de ganhos de calor (pessoas, iluminação e envoltórias) nos períodos de utilização. Para determinar o melhor sistema a ser utilizado, foi feita uma análise das condições da capela durante a visita técnica, que indicou diversas desvantagens da utilização de ar condicionado no ambiente:

- O grande volume da capela que significaria um elevado consumo de energia que não se justificaria para um período de uso intenso muito curto (nos momentos de culto);
- Implicaria em um sistema de distribuição de ar complexo para poder ter temperatura e velocidade de ar mais homogêneo;
- A dificuldade de se adequar um sistema com insulamento pelo piso, que trabalha a favor da estratificação da temperatura em ambientes com alto pé direito, porém cria impactos arquitetônicos incompatíveis com as características da capela (como o piso de mosaico);
- A manutenção do sistema, que caso não ocorra devidamente, aumenta o risco de propagação de doenças, sendo fator decisivo em se tratando de uma capela dentro do Hospital.

Por isto, optou-se por explorar soluções que envolvessem somente ventilação do ambiente, seja ela forçada ou natural (Figura 5). Neste momento foram feitas avaliações paramétricas da condição atual da capela em *software* de fluido dinâmico (CFD). Para verificar os períodos de desconforto por calor, principalmente no período de verão (dezembro-janeiro), verificou-se que o desconforto ocorreria apenas nos períodos de culto quando a capela estivesse lotada.

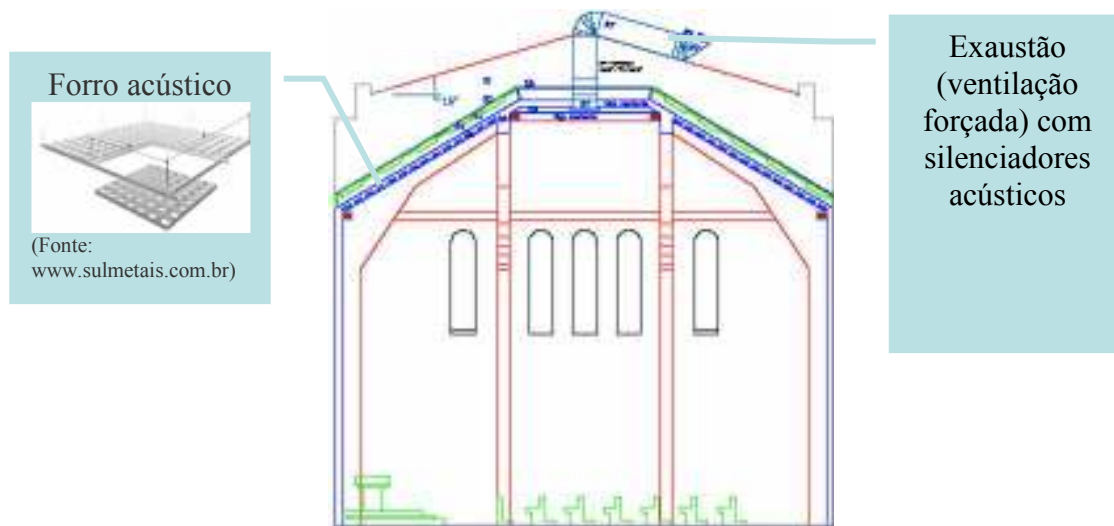


Figura 5: Corte do ambiente/capela com a solução adotada (ventilação forçada)

4.2 Método de Avaliação

Para estudo do desempenho térmico do ambiente foram realizados estudos em *software* de simulação térmica dinâmica de edificações. O *software* de simulação térmica utilizado (TAS-EDSL) leva em conta as condições climáticas, a geometria da edificação e suas características construtivas, calculando as variáveis ambientais de temperatura (do ar, das superfícies e radiante), umidade relativa e o fluxo de ar no ambiente para todas às 8.760 horas de um ano típico, permitindo aferir as condições de conforto dos usuários. Para o estudo do fluxo de ar (ventilação interna) no ambiente, foram realizadas simulações em *software* de dinâmica dos fluidos (CFX 5.7). Os modelos nos dois *software* estão na Figura 6.

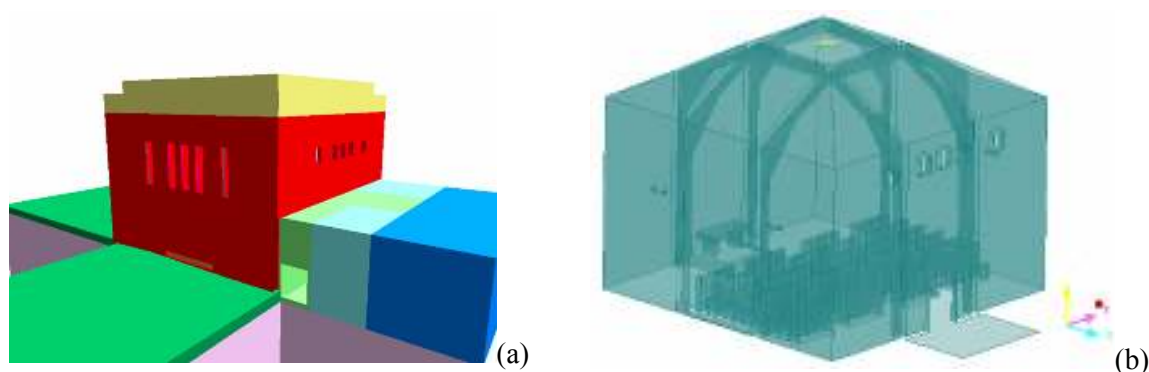


Figura 6: Modelagem 3D para o *software* de simulação térmica (a) e CFD (b)

Para a determinação dos níveis de conforto, foi utilizada a norma ASHRAE 55-2004 que define as condições de conforto em ambientes ventilados naturalmente a partir de um modelo adaptativo para o clima da cidade de São Paulo. Os dados climáticos utilizados nas simulações são provenientes da estação meteorológica situada no Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (IAGUSP) - Cidade Universitária, referentes a cinco

anos de dados coletados que foram trabalhados para gerar um ano típico de dados (8.760 valores – dia a dia, hora a hora).

4.3 Resultados e Recomendações

Partindo-se da avaliação do atual ambiente da capela com a abertura de vitrais, anteriormente fixos, demonstrou-se uma melhora nas condições internas de conforto térmico no ambiente.

O melhor resultado encontrado foi o simulado com ventilação natural utilizando-se: abertura na parte inferior das paredes laterais com acréscimo de mais 1m de cada lado + janelas existentes abertas + porta de entrada aberta, com hall semi-aberto + exaustor na parte central da cobertura, com 22.000 m³ de renovação de ar. A Figura 7 apresenta os resultados da simulação de CFD do melhor resultado e estratégia encontrado.

Com o aumento das áreas de abertura nas paredes laterais, observar-se a distribuição mais homogênea do fluxo de ar, permitindo obter velocidades para atender às condições de conforto dos usuários. Valores de velocidade da ordem de 0,5m/s podem ser observados próximos aos usuários e em grande parte do volume do ambiente.

Os valores de velocidade da ordem de 1,0m/s, presentes acima da cabeça dos usuários e nas laterais próximas à parede do ambiente, não irão incidir diretamente sobre os usuários. Os valores da ordem de 1,5m/s que estão presentes também acima da cabeça dos usuários, nas laterais próximas à parede do ambiente e nas saídas superiores (aberturas nos vitrais). Neste caso estas velocidades não interferem diretamente sobre os usuários e permitem uma melhor movimentação do ar na parte superior da capela.

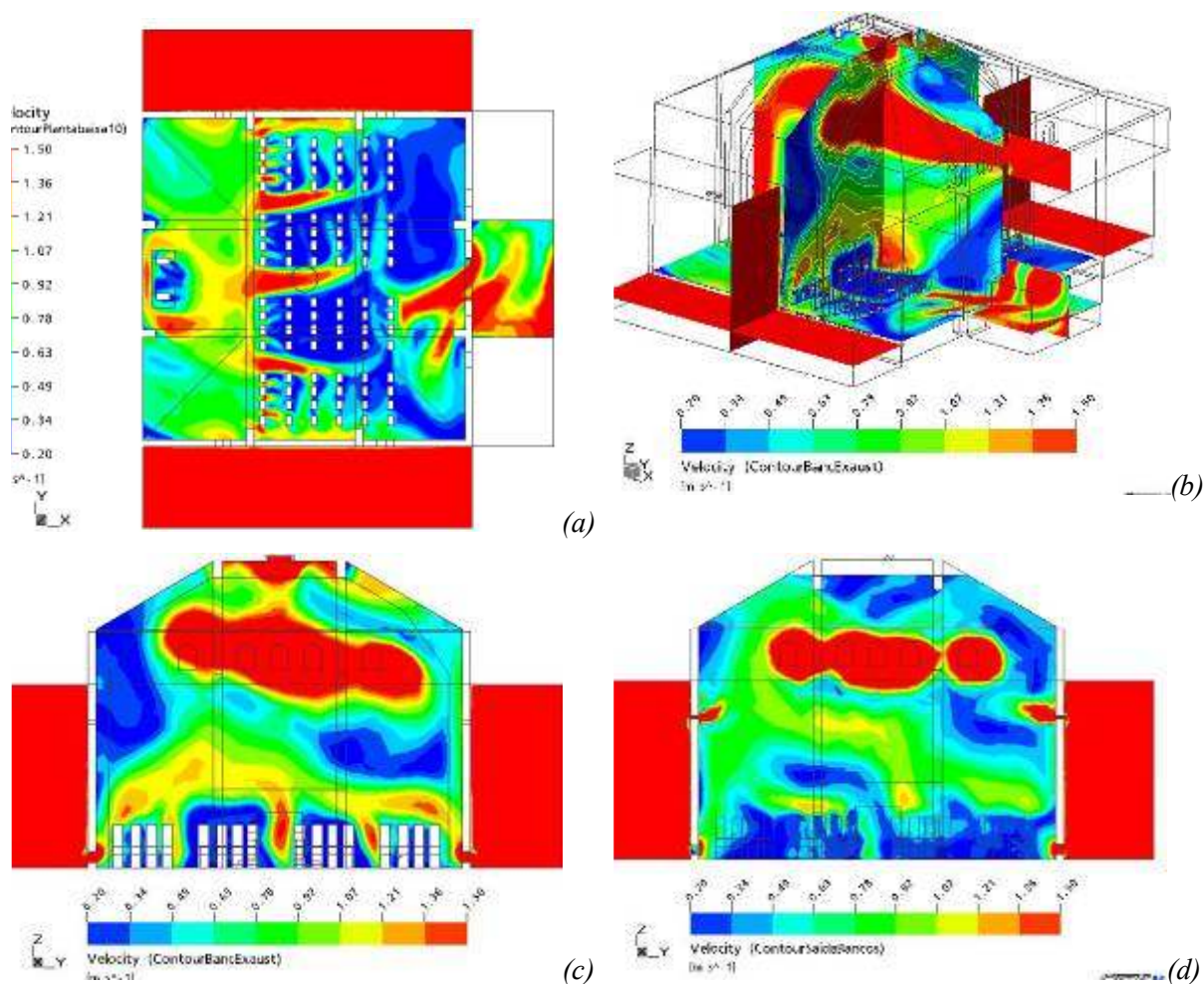


Figura 7: Planta, perspectiva e cortes do resultado obtido

Como recomendações das avaliações realizadas para as três áreas de conforto (luminoso, acústico e térmico) são importantes destacar que:

- a) projetar o acionamento das aberturas acima da porta de acesso da capela de forma manual ou automatizado. Este mecanismo poderia ser instalado na casa de máquinas de fácil acesso ao pessoal autorizado. Assim a abertura poderia ser fechada nos períodos de frio ou quando o uso assim demandar. Recomenda-se ainda projetar proteção contra chuva (beiral) em vidro transparente laminado 8mm, de modo que elas possam ficar abertas em quaisquer condições climáticas;
- b) utilizar sistema de ventilação forçada para possibilitar a renovação do ar e para garantir as condições de conforto dos usuários;
- c) na cobertura, caso venha a ser substituída, utilizar telha sanduíche com chapa de alumínio e lã de rocha;
- d) com relação à eficiência da ventilação, visando uma melhor distribuição do fluxo de ar, aconselha-se manter as aberturas dos vitrais abertas;
- e) as aberturas controláveis na parte inferior da capela deverão ser posicionadas em rasgos laterais sendo dois de 0,4 x 4,4 m no vão central e quatro de 0,4m x 1,0m encostados em cada um dos pilares.

Como sugestões de operação do sistema:

- a) para o horário de culto com a capela lotada, calor: ligar o sistema de ventilação forçada e abrir totalmente as janelas e novas aberturas de captação nas laterais
- b) para o período de ocupação baixa, calor: desligar o sistema de ventilação forçada, mantendo abertas as aberturas laterais e os vitrais superiores controláveis, e;
- c) para o período de frio: fechar as aberturas inferiores. As superiores podem ficar abertas, mas para ventilação higiênica basta deixar as aberturas dos vitrais abertas.

As condições climáticas e o uso são determinantes para a avaliação do conforto ambiental de um ambiente. Quando este se trata de um bem tombado, a preservação do edifício com suas peculiaridades as proposições feitas devem considerar o menor impacto para atender as exigências mínimas de conforto, sem prejudicar sua arquitetura.

5. CONCLUSÕES

A avaliação do período de ocupação e do período de desconforto térmico foi fundamental para a definição da estratégia mais adequada e com menor consumo de energia. A integração entre as diversas áreas do conforto ambiental durante o processo de avaliação e definição das proposições foi determinante para que a solução adotada fosse a mais adequada.

O objetivo de melhorar as condições mínimas de conforto térmico, acústico e luminoso, sem prejudicar a arquitetura do bem tombado, seguiu respectivamente os critérios das normas ASHRAE 55-2004, NBR 101 e NBR 5413 e foi alcançado considerando o menor impacto ambiental, sem o uso de sistema de ar condicionado. A preservação do edifício com estas características e peculiaridades resultou em proposições feitas com interferências mínimas na arquitetura do edifício e nas obras de artes ali localizadas, mantendo as exigências de conforto ambiental.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT- NBR 11957 (1988) “Reverberação – análise do tempo de reverberação em auditórios”. São Paulo, Brasil.

ABNT - NBR 5413 (1992). “Iluminância de interiores”. NB57.São Paulo, Brasil.

ABNT - NBR 101 (1988): “Tratamento acústico em recintos fechados”. São Paulo, Brasil.

ASHRAE (2001) “Fundamentals Handbook”. American Society of Heating, Ventilating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta. USA.

ASHRAE. 55 (2004). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta. USA

FANGER, P. O. (1972) “Thermal Comfort – Analysis And Applications in Environmental Engineering”. McGraw-Hill Book Company. New York, USA.

SULMETAIS. “Forros acústicos”. Disponível em:<[http:// www.sulmetais.com.br](http://www.sulmetais.com.br)> Acesso em Set. 2007.

TAS (2004). Versão 9.0.5. Milton Keynes: EDSL, Environmental Design Solutions Limited, 2004.

CFX (2006) Versão 5.7. Manual e detalhes específicos do software. EEES.. Disponível em: <<http://www-waterloo.ansys.com/cfx/default.asp>>. Acesso em 02/02/05.

AGRADECIMENTOS

Ao Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP pelo estudo de caso. À arquiteta Daisy Figueira, as Engenheiras Cecília Maria Ruschel e Noemi Inoue, bem como à arquiteta Regina Tirello. Ao LABAUT/FAUUSP – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética do Departamento de Tecnologia da Arquitetura, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, pelo espaço cedido ao desenvolvimento deste estudo.