

ANÁLISE COMPUTACIONAL DOS *SHEDS* DA REDE DE HOSPITAIS SARAH KUBITSCHKEK UTILIZANDO O *SOFTWARE* ANSYS CFX

Jorge Isaac Perén (1); Paulo Greco (2); Rosana Maria Caram (3)

(1) Arq. Mst., (11) 7256-1671, e-mail: isaacperen@ig.com.br

(2) Prof., Instituto de Aeronáutica, (16) 3373-8124, e-mail: pgreco@eesc.usp.br

(3) professora associada, e-mail: rcaram@sc.usp.br

(1) (2) (3) EESC-USP, Av. Trabalhador São-carlense, 400, São Carlos-SP, (16) 3373-9308

RESUMO

A evolução dos *sheds* da Rede de hospitais Sarah Kubitschek, do arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé, é o foco deste trabalho. Sendo assim, tal evolução será ilustrada e analisada, ressaltando as diversas mudanças realizadas na utilização dos *sheds* a fim de torná-los mais eficaz. Discute-se ainda a importância da forma na ventilação natural, por meio de simulações desta realizadas no *Software* Ansys CFX, demonstrando o comportamento de dois *sheds* representativos dessa evolução - Sarah Salvador e Tribunal Eleitoral da Bahia.

ABSTRACT

In this article we have outlined the evolution of sheds at the Sarah Hospital Complex projected by the Architect João Filgueiras Lima, Lelé, and studied the several changes implemented by the architect to improve their efficiency. The importance of the form in natural ventilation is discussed and through simulations of natural ventilation, elaborated on the ANSYS CFX software, we have also shown the performance of most representative sheds of this evolution – Sarah Salvador and Regional Electoral Tribunal of Bahia.

1. INTRODUÇÃO

A ventilação natural pode ser térmica ou dinâmica. Aquela se baseia na diferença entre as temperaturas do ar interior e exterior, originando pressões distintas que provocando deslocamento de massa de ar da zona de maior pressão para a de menor. Quando, nessas condições, existem duas aberturas em diferentes alturas, estabelece-se uma circulação de ar de uma zona até outra, denominada *efeito de chaminé*. Já a ventilação natural dinâmica é causada por pressões e depressões que se geram nos volumes como consequência da ação mecânica do vento, sendo portanto mais adequada para as regiões de clima quente úmido (RIVERO, 1985, p. 113).

A forma arquitetônica, segundo Lamberts (1997), pode influenciar o conforto ambiental - na edificação e no seu consumo de energia. Isto porque, a forma arquitetônica interfere diretamente sobre os fluxos de ar no interior e no exterior; além da na qualidade de luz e calor solar recebidos pelo edifício. A volumetria e implantação dos edifícios, assim como os diversos

dispositivos e elementos arquitetônicos propostos por Lelé, favorecem a iluminação e a ventilação naturais dos ambientes internos. As diversas soluções de projeto, de implantação do edifício até o desenvolvimento de cada detalhe construtivo e de fechamento correspondem-se entre si e estão direcionadas pela interação entre os princípios da ventilação natural e da iluminação natural, visando sempre o conforto ambiental e a eficiência energética.

Os *sheds* são elementos arquitetônicos que têm uma presença marcante em todos os hospitais da Rede Sarah Kubistchek. Além do valor estético, eles dão unidade ao conjunto e caracterizam a linguagem arquitetônica de toda a Rede. Ressalta-se que sua principal função e razão de ser é evitar a insolação direta, permitindo a entrada de luz natural e favorecendo a ventilação vertical¹, por meio da conjugação do efeito de sucção e do efeito chaminé. Os *shed* são mais eficientes quando funcionam como saída do ar. A média da velocidade interna do ar, em ambientes com ventilação cruzada, pode ser aumentada em cerca de 40% quando o *shed* funciona como saída de ar, e em cerca de 15% quando o *shed* está funcionando como entrada de ar (GANDEMER *et. al.*, 1989 *apud* BITTENCOURT *et. al.*, 2006). A localização, tamanho e a altura da abertura de saída, em relação à abertura de entrada, também atuam de modo importante na ventilação natural.

O estudo da evolução da forma dos *sheds* dos hospitais da Rede Sarah evidencia as constantes mudanças realizadas pelo referido arquiteto objetivando melhorar sua eficiência. De maneira coerente, Lelé demonstra em cada novo projeto uma melhoria nesses dispositivos. Com base na análise cronológica dos *sheds* da Rede Sarah, realizada por Perén (2006), destacam-se três *sheds* que representam toda essa evolução: o *shed* do Sarah Salvador, o do Sarah Fortaleza e o do Tribunal de Eleitoral da Bahia.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Ilustrar a influência da forma arquitetônica na obtenção de uma eficiente ventilação natural, por meio da conjugação dinâmica dos ventos e do efeito de sucção, além de verificar tais aspectos simulando, por meio do *Software* CFX, os efeitos de uma ventilação natural.

2.2 Objetivos Específicos:

- Destacar a coerência do arquiteto João Filgueiras Lima no desenvolvimento dos *sheds*, ilustrando diversas mudanças por ele realizadas a fim de melhorar a eficiência desses dispositivos.
- Analisar o potencial das formas aerodinâmicas na intensificação do efeito de sucção.
- Proporcionar o conforto ambiental adequado em espaços internos, a partir de uma maior adaptação do edifício e seus componentes às características do meio climático – direção e velocidade do vento, que favorecem a ventilação natural e reduzem o consumo de energia elétrica.

3. METODOLOGIA ADOTADA

Num primeiro momento, serão analisados os *sheds* propostos pelo arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé, seguindo a cronologia em que foram utilizados. Pretende-se, com isso, evidenciar a

¹ A *ventilação vertical* consiste no insuflamento do ar pela parte inferior das paredes, pelas galerias de ventilação (ou piso técnico) e sua retirada pela parte superior pelos *sheds*. Edifícios horizontais com ventilação vertical têm sido a diretriz de todos os hospitais da Rede Sarah, que têm, portanto, as melhores soluções arquitetônicas ao priorizarem ventilação e iluminação naturais. Nesse sentido, o arquiteto Lelé propõe a ventilação vertical que, ao contrário da ventilação cruzada, evita a disseminação de vírus por todos os ambientes do hospital.

preocupação do arquiteto em melhorar sua eficiência. Por meio de desenhos, apresentar-se-ão e os diversos *sheds* dos hospitais da Rede Sarah kubistchek, inclusive do Tribunal Eleitoral Regional da Bahia, destacando problemas, vantagens e critérios que induziram tais mudanças.

Na segunda parte do trabalho, ilustrar-se-á o comportamento de três modelos representativos dessa evolução – o *shed* do Sarah Salvador, do Sarah Fortaleza e do Tribunal Regional Eleitoral da Bahia; tendo como base não apenas a primeira leitura, mas também simulações computacionais, utilizando o *Software ANSYS CFX*. Os resultados dessa análise serão apresentados na forma de vetores ou de campos de velocidade do ar os quais possibilitam a identificação do sentido e da velocidade dos fluxos de ar, assim como sua distribuição no ambiente interno. Resta-nos dizer que os resultados das simulações são representativos do desempenho da ventilação natural dentro e fora da edificação.

3.1 Simulação de Ventilação Natural

Os modelos CFD (Computer Fluid Dynamics) são *Softwares* fundamentados nas equações *Navier-Stokes*, conhecidas também como equações de massa, momento e conservação de energia. Os CFD são códigos computacionais que possibilitam a simulação de escoamentos de fluidos através de métodos numéricos como elementos finitos e volumes finitos. Tais modelos, segundo Bittencourt (2006), são quase que os únicos capazes de examinar alternativas de desenho e sua influência nos padrões de ventilação natural.

Mormente, o *Software* CFD utilizado para estudos de ventilação natural é o ANSYS CFX. A *Engineering Simulation and Scientific Software Ltda (ESSS)*² destaca que a fundamental importância da tecnologia de CDF no projeto e na análise de produtos e processos de muitas empresas. Isto porque, este *Software* possui habilidade de predizer o desempenho de equipamentos e processos antes mesmo de serem produzidos ou implementados. Ao se referir ao CFX, a ESSS afirma qualidades desse *Software*, isto é, tecnologias de ponta em nível mundial, como um solver multigrid e acoplado, capazes de solucionar o sistema completo de equações simultaneamente. Além de possibilitarem o desenvolvimento e aprimoramento de produtos e processos que envolvam o escoamento de fluidos, transferência de calor e/ou reações químicas.

Segundo a ESSS, o CFX tem sido utilizado em diversos setores industriais, a saber: Aeroespacial, Automotiva, Biomédica, Incêndio e segurança, HVAC, Naval, Metalurgia, Petróleo e Gás, Geração de Energia, Processos Químicos e Turbomáquinas. Certamente o CFX é mais prático e barato, sobretudo na fase inicial de projeto. Por outro lado, a simulação no túnel de vento só se torna mais interessante quando realizada na fase final, pois os resultados são mais precisos, o que favorece os acertos finais dos modelos. Sob o mesmo ponto de vista, o mesmo pode ser aplicado nos projetos de arquitetura.

3.2 Vantagens da Simulação Computacional

Os programas baseados na mecânica dos fluídos computacional (CFD) são instrumento para o estudo da ventilação natural em edificações. A simulação de ventilação permite ilustrar o desempenho da edificação mesmo antes de ser construída. Daí a simulação ser uma ferramenta de auxílio e suporte na tomada de decisões desde o momento em que as idéias estão amadurecendo. Portanto, a utilização de CDF torna-se fundamental nos primeiros estágios de projeto, ou seja, na fase de concepção do edifício.

A rapidez na criação dos modelos computacionais (maquetes eletrônicas) e a possibilidade de realizar estudos de diversos modelos fazem das simulações computacionais instrumento ainda mais interessante. A rápida visualização dos resultados permite que novas alterações sejam realizadas³, por isso a simulação com modelos eletrônicos é uma opção mais barata se

² Informações obtidas em <www.ansys.com/products/cfx-post.asp>. Acesso em: setembro, 2005.

³ Cabe destacar que os programas CFD, em geral, exigem grande capacidade dos computadores.

comparada com as simulações e estudos realizados em túneis de vento. Em virtude disso, Bittencourt destaca que “a simulação com programas de CFD pode ser uma boa forma de avaliação qualitativa da distribuição do fluxo de ar”, mesmo considerando algumas discrepâncias numéricas entre o fluxo real e o fluxo simulado inda. (2006)

No Brasil, o *Software* CFX é pouco explorado em pesquisas na área da arquitetura. Não obstante, uma das principais características desse Software é a interação com sistemas CAD, sendo este o principal motivo da sua escolha. Alexander (1996) enfatiza que as simulações com CFD são mais acessíveis, ainda mais se considerarmos a vantagem de fluxos internos e transferências de calor. Outra razão, não menos importante, é ilustrar uma ferramenta que pode ser utilizada para o estudo da ventilação natural.

Indubitavelmente existem outros *Softwares* que também tem essa característica, como o TAS e o EnergyPlus (graças a seu plugging COFINS), no entanto, o CFX tem a vantagem de permitir a simulação de formas curvas, aspecto essencial no caso dos *sheds* projetados por Lelé. Conforme dito anteriormente, apresentar-se-á neste trabalho três simulações que ilustram como a forma dos *sheds* pode favorecer a ventilação natural.

4- RESULTADOS

4.1 - Análise Cronológica dos *Sheds* Propostos por Lelé

Em clima quente-úmido, a orientação dos *sheds* depende fundamentalmente da direção dos ventos dominantes e, ao mesmo tempo, está subordinada à posição do Norte, pois, se deve evitar a iluminação solar direta. Na maioria dos hospitais da Rede Sarah, devido às características do terreno, implantação do edifício e à natureza dos ventos, a tendência tem sido sua orientação a sotavento, favorecendo a saída do ar (o efeito de sucção). Mesmo sabendo que o projeto depende de vários aspectos, essa tendência tem prevalecido pelo menos até a nova experiência com o Hospital Sarah Rio de Janeiro (ainda em construção), onde uma grande cobertura encontra-se relativamente disposta à captação dos ventos dominantes.

4.1.1 Sarah Salvador⁴ :

No Sarah Salvador adaptou-se ao *shed* uma pestana (testeira - peça de metal acoplada ao *shed*) que funciona como *brise*, protegendo os ambientes internos da iluminação solar direta (Figura 01). Essa proposta de *shed* teve alguns problemas, por exemplo: a pestana sofria dilatações, devido ao calor, que deformavam a peça e, quando chovia, havia problemas de infiltração. Diante disso, a superfície côncava, próxima à boca da pestana, foi pintada de azul para minimizar o calor refletido para dentro do ambiente. Ademais, colocou-se sob os *brises* (material termo-acústico conhecido como “Bidim⁵”) de gramatura 600g/m² da pestana para reduzir o calor e o ruído, ocasionado pela chuva.

4.1.2 Sarah Fortaleza:

No hospital Sarah Fortaleza tem-se uma clara mudança no desenho dos *sheds* (Figura 02). Neste inverteu-se a superfície frontal para evitar o ganho de calor, decorrente da forma côncava do *shed* utilizada no modelo de Salvador. Surge assim uma superfície convexa que tem por intuito reduzir a radiação de calor para dentro do *shed*. Nessa solução a pestana ou testeira ainda é uma peça independente acoplada ao *shed*. Ao contrário do hospital de Salvador, o Sarah Fortaleza possui galerias de ventilação onde os ambientes possuem uma única saída de ar, localizada na parte inferior das paredes.

⁴ Para Salvador foram realizados dois projetos. O primeiro em 1988, realizado na FAEC, utilizando peças pré-moldadas em argamassa armada. Já o segundo, de 1991, optou-se por galerias pré-moldadas e estrutura metálica. Nesse hospital o pé direito - até o nível inferior da viga - é de 3m.

⁵ O Bidim é uma manta não tecida de filamento de poliéster parecida com um feltro.

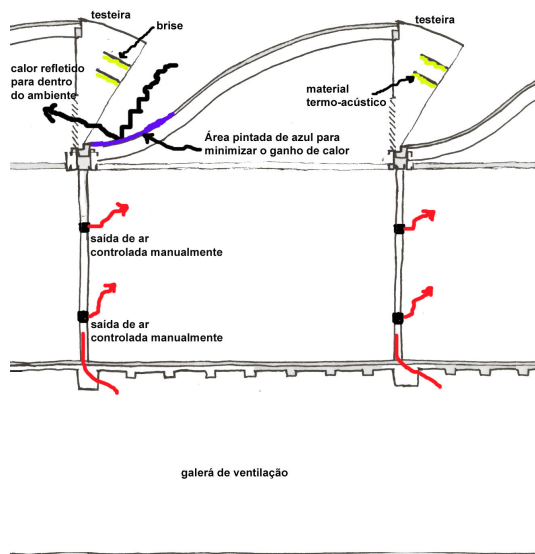


Figura 01. shed Sarah Kubistchek Salvador

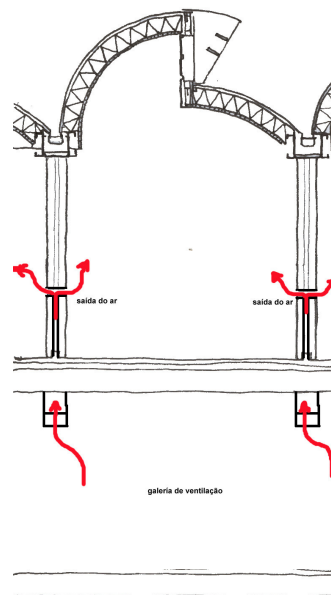


Figura 02. shed Sarah Kubistchek Fortaleza

4.1.3 Sarah Brasília – Lago Norte:

O Hospital Sarah Brasília tem o modelo de Salvador, no entanto, o *shed* é uma treliça - peça única - onde seu balanço faz a função da pestana ou testeira. (Figura 03). Na boca dos *sheds* existem *brises* que protegem da insolação direta. O Centro encontra-se à beira do Lago Paranoá, aproveitando deste as brisas para ventilar naturalmente os ambientes. Nesse hospital também existe galerias as quais não tem função de ventilar.

4.1.4 Sarah Rio de Janeiro - Centro de Reabilitação:

O Centro de Reabilitação Infantil de Rio de Janeiro, localizado na Ilha Pombeba, não possui galerias de ventilação. Nesse Hospital percebe-se um desenho mais evoluído (Figura 04). A treliça é uma peça única com seção variável e seu balanço, igual a do Lago Norte, faz a função da pestana, o que possibilita economia de material, segundo Roberto Vitorino⁶ (2006). Ainda por cima, sob a superfície convexa aparece outra superfície com o formato invertido, gerando um entre-forro, servindo de duto do sistema de ar condicionado. Finalmente, no pé-direito menor do *shed* encontram-se os difusores por onde o ar frio é insuflado e no eixo central do *shed* cria-se um pé direito maior cujo vão superior permite a entrada da luz natural.

O mais interessante desse desenho é a interação da forma com a infra-estrutura do edifício. Ilustra-se, mais uma vez, como o arquiteto Lelé gera soluções formais harmoniosas a partir de diversas exigências do programa, do clima, do sistema construtivo e dos diversos aspectos subjetivos do conforto ambiental. Assim, soluções formais surgem da sensibilidade do referido arquiteto e interagem com os diversos subsistemas (sistema construtivo, iluminação artificial, ventilação artificial, ventilação mecânica, entre outros). Isto portanto evidencia a genialidade de mestre da arte e da tecnologia. Ou seja, “o arquiteto onde arte e tecnologia se encontram e se entrosam”, utilizando palavras de Lucio Costa (1985 *apud* Latorraca, 1999).

⁶ Informação pessoal obtida em Junho de 2006 no Centro de Tecnologias da Rede Sarah – CTRS.

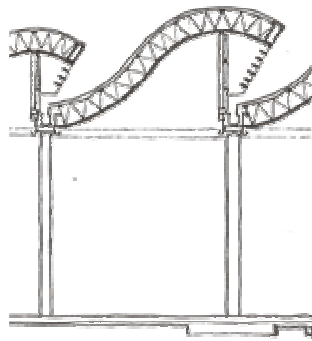


Figura 03. shed Sarah Kubistchek Brasília – Lago Norte

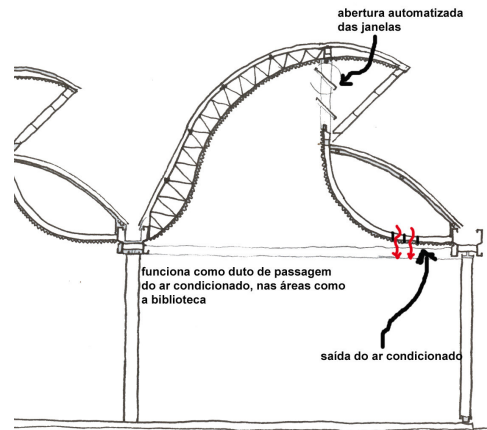


Figura 04. shed Sarah Kubistchek Rio de Janeiro-Centro de Reabilitação Infantil

Embora se queiram ilustrar unicamente as soluções de ventilação e iluminação naturais do Lelé, é impossível tentar desmembrar cada uma das propostas por serem estas fortemente induzidas por diversas variáveis, que dizem respeito ao processo de industrialização, flexibilidade, construtibilidade, entre outros fatores. Observa-se a fidelidade, a exatidão e a compatibilidade de cada uma das soluções racionais eminentes de um processo industrializado, nobre enquanto a sensibilidade e rico na sua essência; daí a dissociação ser impossível. Em outras palavras, as soluções estão induzidas por um raciocínio projetual que contempla todas as preocupações e variáveis pertinentes à arquitetura. Em suma, as escolhas de projeto não atendem unicamente a variáveis específicas e, sim, a um conjunto que, com pesos e valores diferentes em seu determinado contexto, determinam a forma do edifício e o desenho de cada dispositivo.

4.1.5 Sarah Belém e Amapá:

Nos hospitais Sarah Belém e Amapá os *sheds* utilizados são semelhantes aos do Lago Norte.

4.1.6 Sarah Rio de Janeiro - Hospital:

Outra concepção no uso de *sheds* é apresentada no Hospital Sarah Rio de Janeiro, pois seu o desenho atende principalmente ao clima extremamente quente, fazendo indispensável o uso generalizado de ar condicionado. Uma grande cobertura independente (em formato de três grandes *sheds*) funciona como uma árvore que, além de proporcionar sombra, filtra a luz natural. (Figura 05).

Nas obras do Lelé, a disposição dos *sheds* ora prioriza a entrada do vento, ora a proteção contra a insolação, assim não existe uma regra básica. Ou melhor, a regra é fundamentada no senso crítico para escolhas induzidas de diversos fatores saber: (a) climáticos - presença ou não de ventos, ausência de ruído, qualidade do ar exterior, tipologia do edifício; (b) construtivos como a topografia, entre outros.

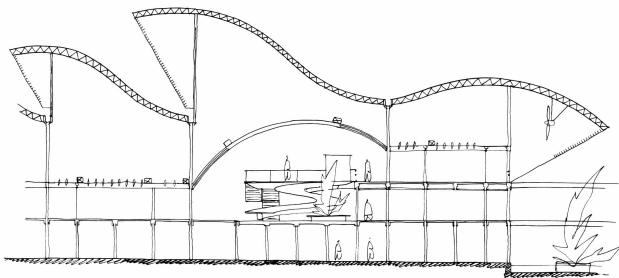


Figura 05. Parte da grande Cobertura em formato de shed do Novo Hospital Sarah Kubistchek Rio de Janeiro – em construção.



Figura 06. Tribunal Eleitoral da Bahia

4.1.7 Tribunal Regional Eleitoral da Bahia

No Tribunal Regional Eleitoral da Bahia (Figura 06), verificam-se mais uma evolução no formato dos sheds. O desenho é uma combinação das experiências anteriores – o modelo de Salvador e o modelo de Fortaleza que, ao contrário dos outros modelos, os *sheds* funcionam como grandes captadores de ar.

4.2- Simulação de Ventilação Natural

A maioria dos *sheds* projetados por Lelé tanto nos hospitais da Rede Sarah como nos Tribunais (Tribunais Regionais Eleitorais - TRE, e os Tribunais de Contas da União – TCU) passaram por um constante aprimoramento. Se analisarmos a seção dos *sheds*, segundo Perén (2006), os mais representativos de toda essa evolução são os de Salvador, Fortaleza e o Tribunal Regional Eleitoral da Bahia, realizados respectivamente em 1992, 1993 e 1997. Essa evolução é ilustrada no presente trabalho demonstra o comportamento de cada um desses três modelos: modelo A – *shed* do hospital Sarah Salvador, o modelo B - hospital Sarah Fortaleza e o modelo C - o Tribunal Regional Eleitoral da Bahia; todos representados na Figura 07.

Com o intuito de mostrar como a forma da superfície interfere na ventilação natural, nas simulações a seguir, considerou-se apenas o escoamento de ar. Não foram considerados o efeito chaminê nem o insuflamento de ar pelas paredes, caso dos hospitais com galerias de ventilação (modelo A - Sarah Salvador). Aspectos que evidentemente interferem no fenômeno da ventila-



Figura 07 – Modelos de shed: Salvador, Fortaleza e Tribunal Eleitoral da Bahia.

ção. Aspectos a estudar futuramente.

Para as simulações estabeleceu-se uma velocidade e direção de vento constante. Os resultados são apresentados sob a forma de vetores (setas), indicando a intensidade, sentido e direção do vento. Os vetores representam o sentido do vento e a cor a intensidade em m/s, onde o azul escuro representa a menor velocidade e o vermelho a maior. A condição de contorno para o piso do ambiente interno é de abertura.

No modelo A (figura 08), observa-se que o vento sofre uma aceleração na parte superior do *shed*, sendo o ponto tangente ao plano superior o de maior velocidade. Nesse ponto a pressão estática é mínima, de maneira que, esse setor do *shed* seria ideal para posicionar uma abertura para saída do ar. Lembra-se que as aberturas deverão estar posicionadas nos pontos de pressão máxima ou mínima. Colocar uma abertura na parte superior do *shed* (no ponto de pressão mínima) provocaria uma maior vazão devido ao diferencial entre pressão interna e externa. Entretanto, não seria favorável em termos de conforto térmico, pois permitiria a entrada direta da radiação solar. Aspecto sempre considerado pelo arquiteto Lelé.

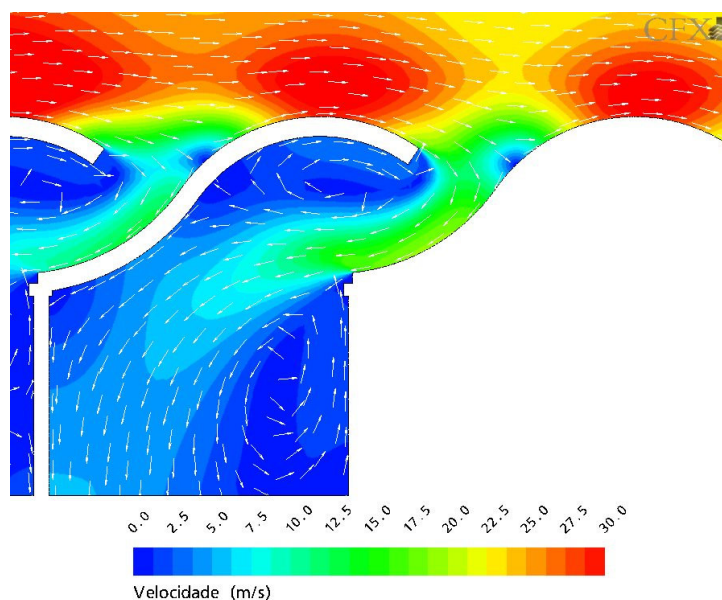


Figura 08 – Simulação do *shed* de Salvador

Observa-se também, na figura 08, que o formato curvo no final do *shed* direciona o vento para baixo, em sentido quase perpendicular à face superior do *shed* seguinte, gerando-se uma zona de turbulência. Cria-se uma área de alta pressão (baixa velocidade) e de divisão do fluxo, onde uma parte acompanha a superfície do *shed* seguinte e, a outra, cria um refluxo para dentro do ambiente. Essa situação intensifica-se no próximo *shed*. No lugar de sair, existe um fluxo de ar que entra. Situação que deverá ser melhor analisada.

Essa situação não deve acontecer no modelo de Fortaleza assim como de fato não aconteceu no modelo do Tribunal Regional da Bahia. No modelo de Fortaleza as superfícies da parte superior e inferior da abertura do *shed* são praticamente paralelas. A junção em “Y” dos *sheds*, no entanto, pode reduzir o efeito de sucção se estiver próxima da abertura. Já no formato do *shed*

do Tribunal Regional da Bahia essa junção “Y” não existe, porém apresenta um melhor resultado, como mostra a Figura 09. O refluxo apresentado no modelo A de Salvador não aconteceu no modelo do Tribunal Regional da Bahia.

Conforme comentado anteriormente, a forma do *shed* de Fortaleza procura reduzir a reflexão de calor para dentro do mesmo. O terceiro modelo, desenvolvido mais recentemente e utilizado no Tribunal Eleitoral Regional da Bahia, é uma combinação do primeiro e segundo. Devido a seu formato, esse modelo deve apresentar o melhor desempenho, aspecto que foi apontado pelo próprio Lelé.

No modelo C - Tribunal Regional Eleitoral da Bahia – (Figura 09), devido a sua superfície mais suave, o desempenho do *shed* é mais favorável. Quando a forma é mais aerodinâmica, não apresentando interrupções ou obstáculos, a velocidade do fluxo de ar é maior.

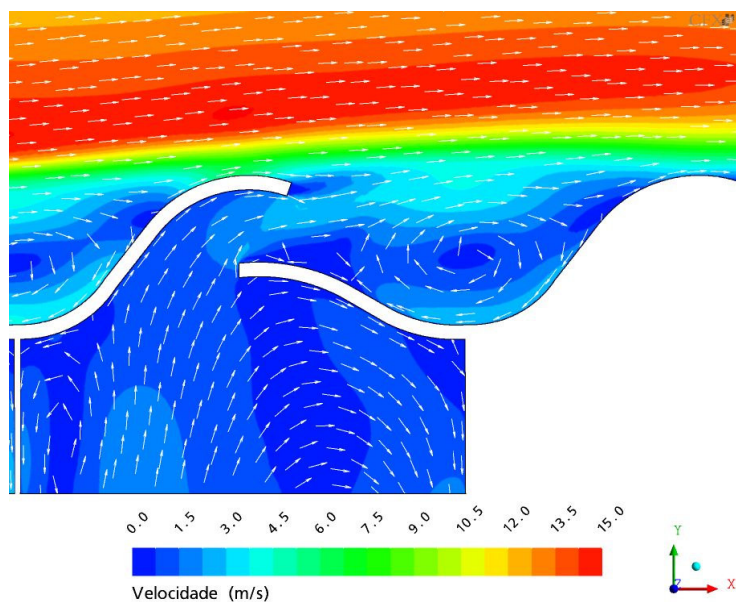


Figura 09 – Simulação do *shed* do Tribunal de Contas da União - Bahia

5- CONCLUSÕES

Este trabalho ilustrou e analisou a influência da forma arquitetônica na obtenção de uma eficiente ventilação natural, por meio da conjugação dinâmica dos ventos e do efeito de sucção, tendo como objeto de análise a arquitetura proposta por João Filgueiras Lima nos hospitais da Rede Sarah e em Tribunais, referidos anteriormente. Tais as simulações de ventilação natural apresentadas, neste trabalho avaliam unicamente aspectos aerodinâmicos dos *sheds*, representando o potencial da ventilação vertical por meio de coberturas. Nesse sentido, tal aspecto certamente será objeto de futuras simulações, capazes de criar um quadro mais próximo da realidade, auxiliando as novas soluções arquitetônicas.

Ressalta-se assim que a arquitetura proposta por João Filgueiras Lima, além de eficiente, evidência a busca pelo conforto ambiental por meio da ventilação natural e do uso de *shed*, sendo fruto de sucessivas alterações no seu formato produto de constante pesquisa, porém merece especial atenção.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, D.K.; JENKINS, H.G.; JONES, P.J. (1996). *A comparison of wind tunnel and CFD methods applied to natural ventilation design*. Welsh School of Architecture Bute

Building, Cardiff, CF1 3AP, U.K. Disponível em:< <http://www.infohab.org.br/>>. Acesso em: 21 July 2006.

- ALLARD, F. (1998). *Natural ventilation in buildings: a design handbook*. London: James & James.
- BITTENCOURT, L.S; CÂNDIDO, C. (2006). *Introdução à ventilação natural*. Maceió: Edufal.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. (1997). *Eficiência Energética na Arquitetura*. São Paulo: PW.
- LATORRACA, G. (1999). *João Filgueiras Lima, Lelé*. Lisboa: Blau; São Paulo: Instituto Lina Bo e P.M.Bardi.
- LIMA, J. F. (2003). *Arquitetura, Estrutura e Construção*. Curso ministrado nos dias 30 de Julho, 1 e 2 de agosto, no anfiteatro Jorge Caron, EESC-USP. Transcrição: Jorge Isaac Perén.
- OLYGAY, V. (1998). *Arquitectura y Clima. Manual de diseno Bioclimatico para Arquitectos y Urbanistas*. Editora Gustavo Gili: Barcelona.
- PERÉN, J. I. (2006). *Ventilação e iluminação naturais na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: estudo dos hospitais da rede Sarah Kubitschek Fortaleza e Rio de Janeiro*. Dissertação (Mestrado) em Arquitetura e Urbanismo. Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos.