



Universidade de São Paulo

Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI

Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos - IAU

Comunicações em Eventos - IAU

2013-11-27

Análise do conforto térmico na obra de João Filgueiras Lima, Lelé: Hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro

<http://www.producao.usp.br/handle/BDPI/43418>

Downloaded from: Biblioteca Digital da Produção Intelectual - BDPI, Universidade de São Paulo



ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO NA OBRA DE JOÃO FILGUEIRAS LIMA, LELÉ: HOSPITAIS SARAH DE SALVADOR E DO RIO DE JANEIRO

Marieli Azoia Lukiantchuki (1); Rosana Maria Caram (2)

(1) Arquiteta, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia, mlukiantchuki@yahoo.com.br

(2) Professora Associada do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, rcaram@sc.usp.br
Universidade de São Paulo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos, Av. Trabalhador São-Carlense, 400, Centro, São Carlos-SP, 13566-590, Tel.: (16) 3373-9312

RESUMO

Estratégias passivas de projeto reduzem significativamente o uso de ar condicionado e melhoram o conforto térmico dos usuários. Isto pode ser ilustrado através dos hospitais da Rede Sarah Kubitschek projetados pelo arquiteto João Filgueiras Lima, Lelé, cujas soluções além de propiciarem ambientes mais agradáveis e salubres, evitam o uso de sistemas mecânicos de resfriamento, reduzindo o consumo de energia elétrica. Deste modo, o presente artigo tem como objetivo avaliar o conforto térmico dos hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro, através de medições in loco da temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do ar. A análise dos resultados foi baseada em leituras de projeto, na norma ASHRAE Standard 55/2004 e em parâmetros adquiridos na literatura especializada. Os resultados demonstram a preocupação de Lelé na incorporação de aspectos bioclimáticos nos projetos. No Sarah - Salvador, alguns ambientes permaneceram fora da zona de conforto no período do meio dia, devido ao ganho de calor pela cobertura. No entanto, o uso da ventilação natural, auxilia no efeito de resfriamento, melhorando o conforto térmico nos espaços internos. Já no Sarah - Rio, todos os ambientes permanecem dentro da zona de conforto proposta pela ASHRAE 55.

Palavras-chave: conforto térmico, ventilação natural, rede de hospitais Sarah, João Filgueiras Lima, Lelé.

ABSTRACT

Design passive strategies reduces the use of air conditioning significantly and improve the users' thermal comfort. This be illustrated through the Sarah network of hospitals designed by the architect João Filgueiras Lima, Lelé, whose solutions providing more pleasant environments and avoid the use of cooling mechanical systems. This paper aims to evaluate the thermal comfort of Sarah hospitals located in Salvador and Rio de Janeiro cities, through measurements on site of air temperature, air relative humidity and wind velocity. The results analyses are based on projects lectures, ASHRAE Standard 55/2004 and parameters acquired in the specialized literature. The results demonstrate the Lelé's concern in incorporating the bioclimatic aspects in his projects. The measurements show that the midday period some Salvador hospital environments remain outside of comfort zone due to heat gain from coverage. However, the use of natural ventilation, allows a cooling effect during this period, improving the thermal conditions in internal spaces. In the case of Rio de Janeiro hospital, all environments are inside the comfort zone proposal by ASHRAE Standard 55.

Keywords: thermal comfort, natural ventilation, Sarah network of hospitals, João Filgueiras Lima, Lelé

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, uma das principais funções dos arquitetos é a concepção de projetos mais eficientes que proporcionem conforto aos usuários, ao mesmo tempo que reduzam o consumo de energia elétrica. Segundo Edwards e Hyett (2005), cerca de 45% do total da energia produzida no planeta é utilizada para o aquecimento, resfriamento, iluminação e ventilação das edificações. Como a maior parte desse consumo está relacionada ao setor da construção civil, o projeto arquitetônico deve propor soluções que minimizem os impactos ambientais.

Nas últimas décadas, tem crescido as discussões sobre o desempenho térmico e energético das edificações. Diante disso, destaca-se o uso de estratégias passivas de condicionamento, como a iluminação e a ventilação natural, buscando ambientes agradáveis e confortáveis que reduzam a necessidade de equipamentos elétricos para esse fim. Segundo Lamberts et al. (2004), um edifício é considerado energeticamente mais eficiente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais de conforto ao seus usuários, com menor consumo de energia.

O Brasil possui um clima variado devido ao seu imenso território. Apesar dessa diversidade climática, quase que a totalidade do território brasileiro está sujeita à intensa e abundante insolação na maior parte do ano. O sol tem grande importância no estudo do conforto, tanto como fonte de luz como de calor, principalmente em regiões tropicais. Se esse recurso não for utilizado de maneira coerente, o desconforto pode ser maior que os benefícios. Além disso, segundo Cândido et al. (2010), grande parte do nosso território possui clima quente e úmido, onde a proteção da radiação solar direta e o uso da ventilação natural, são as estratégias de projeto mais eficientes para a obtenção de conforto térmico sem resfriamento mecânico.

O arquiteto Lelé é muito conhecido por utilizar em seus projetos estratégias passivas de conforto ambiental, visando a construção de edifícios mais agradáveis, confortáveis e econômicos. Dentre as suas obras destacam-se os hospitais da Rede Sarah, conhecidos mundialmente como verdadeiros exemplos de arquitetura bioclimática. A maioria desses hospitais está implantada em regiões de clima quente e úmido, e pesquisas realizadas por Lukiantchuki et. al, (2010), têm demonstrado que esses edifícios apresentam um desempenho satisfatório do ponto de vista ambiental, utilizando as seguintes estratégias de projeto:

- Sheds, que são dispositivos na cobertura que favorecem a iluminação e a ventilação naturais;
- Forros basculantes de policarbonato que possibilitam a circulação do ar e a luz natural;
- Galerias subterrâneas com resfriamento evaporativo para ventilação natural;
- Vegetação e espelhos d'água;
- Protetores solares verticais e horizontais para barrar a incidência direta da radiação solar.

2. OBJETIVO

O objetivo desse artigo é avaliar o conforto térmico nos hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro, através de medições in loco de temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do ar, utilizando como parâmetros de análise a ASHRAE Standard 55 (2004) e informações disponíveis na literatura especializada.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

1. Seleção dos objetos de estudo para avaliação do conforto térmico
2. Medições in loco dos parâmetros ambientais: temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do ar.
3. Parâmetros para análise dos resultados: ASHRAE 55-2004 e informações disponíveis na literatura especializada

3.1. Seleção dos objetos de estudo

O arquiteto Lelé é muito conhecido por utilizar, em seus projetos, aspectos bioclimáticos como a ventilação e a iluminação natural. O grande destaque de sua produção arquitetônica são os hospitais da Rede Sarah. Essa rede de hospitais é composta por dez edifícios, construídos em diferentes cidades brasileiras. Lelé trabalhou ao longo de quase 30 anos na rede Sarah e a cada novo trabalho, o arquiteto voltava aos edifícios concluídos e identificava os erros e acertos alcançados, aprimorando os projetos posteriores. Assim, a rede é marcada por edifícios que evoluíram muito ao longo de todos esses anos. Diante disso, buscando avaliar a evolução das estratégias passivas de conforto, escolheram-se como estudos de caso um dos primeiros edifícios da rede, o hospital de Salvador (figura 1) e o último, o hospital do Rio de Janeiro (figura 2).



Figura 1 - Hospital Sarah de Salvador (Acervo da autora, 2009)



Figura 2 - Hospital Sarah do Rio de Janeiro (Acervo da autora, 2009)

3.2. Medições in loco

Foram realizadas medições de 3 fatores ambientais que influem na sensação de conforto térmico: temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar e velocidade do ar. A escolha dos ambientes considerou dois critérios: 1) ambientes de maior permanência e 2) ambientes com diferentes orientações solares. Foram dispostos sete pontos de medições em ambientes internos (P1 na varanda de atividades; P2 e P3, na enfermaria interna; P4 e P5, na enfermaria externa; P6, na sala de fisioterapia; e P7, na sala de espera), o P8 no solário para referência das condições externas e P9 nas galerias subterrâneas (figura 3). A enfermaria externa, a sala de fisioterapia e a sala de espera estão orientadas para nordeste. A enfermaria interna e a varanda de atividades para sudoeste. Para análise da ventilação natural, selecionaram-se as enfermarias.

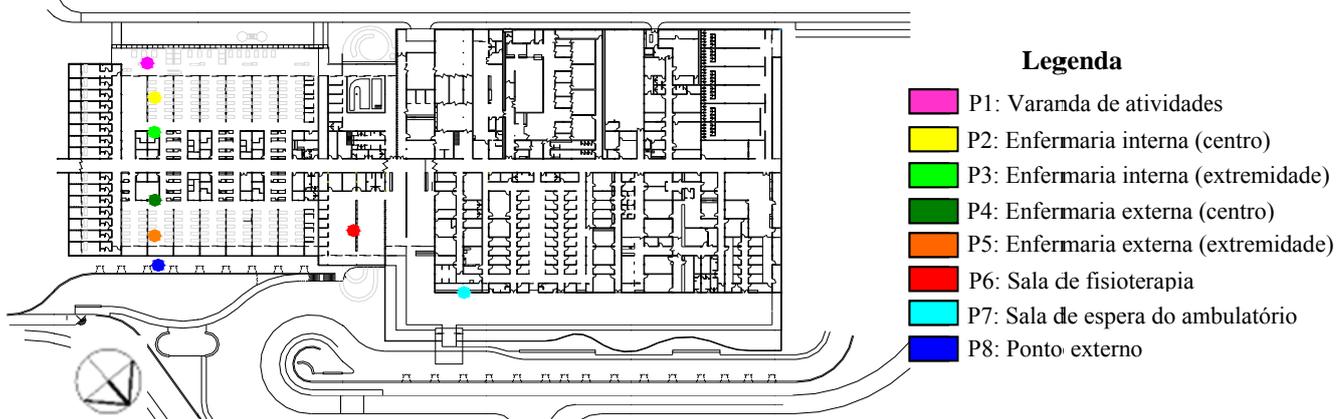


Figura 3: Pontos de medição no Sarah - Salvador (Acervo CTRS, 2008, adaptado pela autora)

No Sarah – Rio foram dispostos 6 pontos de medições nos ambientes internos (P2 e P3 na enfermaria; P4 no ginásio de atividades; P5 no apartamento individual; P6 na sala de espera, próximo ao jardim interno e P7 na sala de fisioterapia), P1 é externo entre os jardins e P8 no pavimento técnico (figura 4). A enfermaria e a fisioterapia estão orientadas para leste, o apartamento individual e a sala de espera para oeste e o ginásio de atividades para sul. Para a análise da ventilação natural, selecionaram-se a enfermaria e o ginásio.

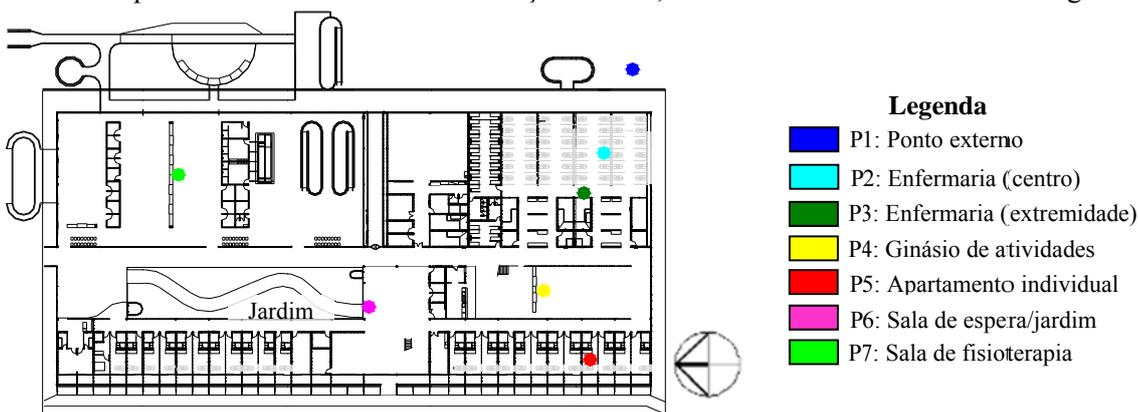


Figura 4: Pontos de medição no Sarah – Rio de Janeiro (Acervo CTRS, 2008, adaptado pela autora)

Para as medições da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, foram utilizados registradores Testo, modelo 175-H1 (figura 5a) e sensores HOBO RH/temp (figura 5b). Para que não houvesse interferência nas medições, os equipamentos externos foram protegidos da radiação solar direta e da chuva (figura 5c). Além disso, todos os equipamentos localizados internamente foram colocados em um recipiente de alumínio polido, que é um material com baixa emissividade e com furos na lateral para a circulação do ar. Para as medições da velocidade do ar, foi utilizado um sensor de esfera quente de 3mm Testo, conectado no registrador multifunção Testo, modelo 445 (figura 5d).

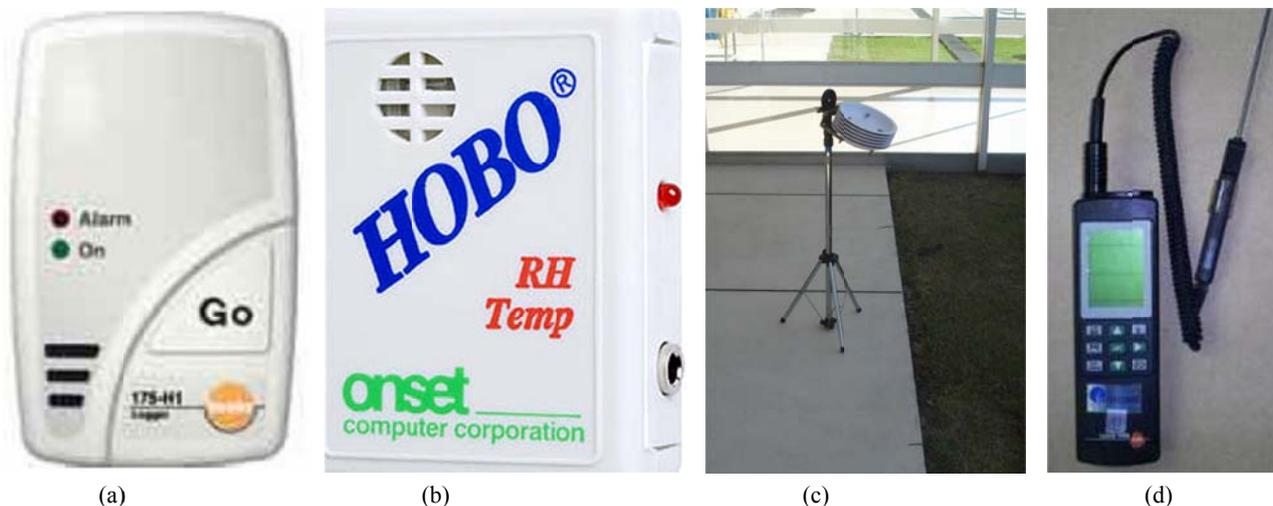


Figura 5: Equipamentos utilizados para as medições (a) registrador Testo, (b) HOBO RH/Temp; (c) equipamentos protegidos da radiação solar direta e da chuva (d) sensor de esfera quente Testo, conectado no registrador multifunção Testo.

As figuras 6 e 7 apresentam os pontos de medições da velocidade do ar para os edifícios de Salvador e Rio de Janeiro, respectivamente. Foram medidos 3 pontos internos e um ponto externo (P1), no sentido dos ventos dominantes e livre das obstruções externas. O P4 das duas enfermarias avaliadas no Sarah de Salvador e o P3 no Sarah Rio se localizam próximos às saídas de ar nas paredes.

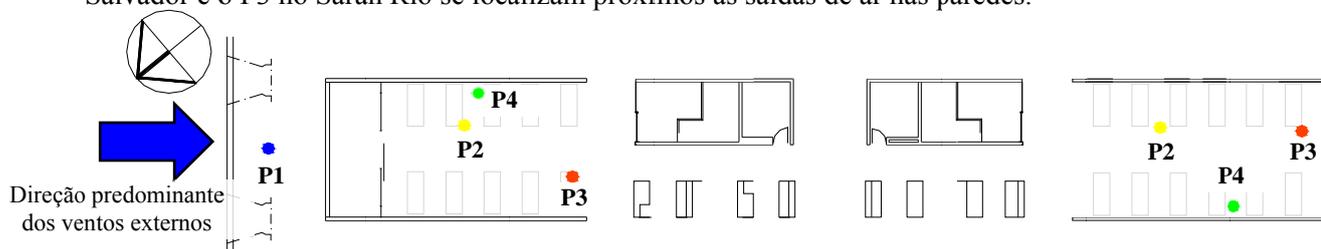


Figura 6: Pontos de medições da velocidade do ar no Sarah – Salvador (Acervo CTRS, 2008, adaptado pela autora)

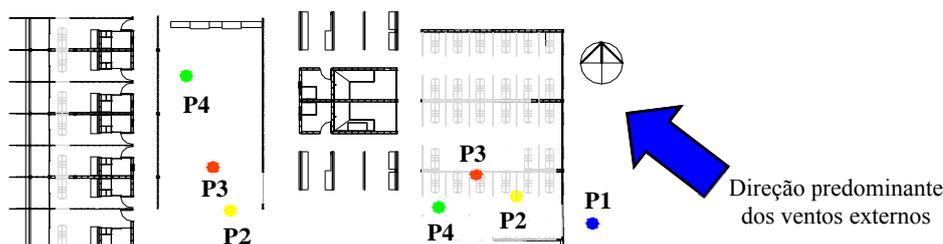


Figura 7: Pontos de medições da velocidade do ar no Sarah – Rio de Janeiro (Acervo CTRS, 2008, adaptado pela autora)

As medições de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram realizadas das 08h00 às 18h00, em intervalos de 15 minutos, durante 3 dias em cada edifício. Já as medições da velocidade do ar foram realizadas em intervalos de 10 segundos, por duas horas. Os equipamentos foram dispostos à 0,80m a partir do piso, altura referente ao paciente deitado na cama-maca.

3.3. Parâmetros para análise dos resultados

Para a avaliação do desempenho térmico das edificações, foi utilizada a ASHRAE 55-2004. A norma é baseada em um método adaptativo relacionado à temperatura operativa. Diante disso, é necessário medir a temperatura de globo nos ambientes e a partir disso, calcular a temperatura radiante, pois a temperatura

operativa é uma média ponderada entre a temperatura do ar e a temperatura radiante. No presente trabalho, mediu-se unicamente a temperatura do ar, pois como nos ambientes monitorados não existiam grande fontes radiantes, pode-se considerar a temperatura radiante média equivalente à temperatura do ar. Deste modo, considerando essas temperaturas iguais, a temperatura operativa será igual à temperatura do ar.

Conforto térmico é definido como a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico e é analisado por avaliação subjetiva. Devido ao fato de existir grandes variações, tanto psicológicas quanto fisiológicas, de pessoa para pessoa, é difícil satisfazer a todos dentro de um mesmo espaço, uma vez que as condições ambientais requeridas para a obtenção de conforto não são as mesmas para todas as pessoas. Diante disso, o limite adotado foi de 80% de aceitabilidade dos usuários, e foram calculados os limites da temperatura interna recomendada a partir da temperatura externa. Para o limite superior e inferior da temperatura interna, utilizaram-se as seguintes equações, respectivamente:

$$\text{Temp. interna} = [3(\text{Temp. externa}) + 215]/10 \quad \text{Temp. interna} = [3(\text{Temp. externa}) + 145]/10$$

Para a análise da ventilação natural, foram utilizados os seguintes parâmetros da literatura: 1) a escala de Olgay (1998) que apresenta os efeitos da corrente de ar sobre os usuários. Até 0,25m/s é despercebido; de 0,25m/s até 0,50m/s é considerado agradável; 2) a tabela de Evans e Schiller (1994), considerando a escala de Beaufort. Até 0,5m/s não proporciona sensação de resfriamento; de 0,6m/s até 1,5m/s o movimento é perceptivo para o efeito de resfriamento; 3) o parâmetro proposto por Evans (1957 apud FREIXANET; VIQUEIRA, 2004), que indica a sensação de resfriamento provocada pelas velocidades do vento. Velocidades de 0,1m/s provocam um resfriamento de 0°C; velocidades de 0,25m/s apresentam um resfriamento de 0,7°C e valores de 0,5m/s proporcionam uma sensação de resfriamento de 1,2°C; e 4) o gráfico de Borel (1967) que também relaciona o decréscimo da temperatura em função da velocidade dos ventos. Deste modo, temos a velocidade necessária do fluxo de ar interno para atingir a temperatura da zona de conforto. O movimento de ar afeta diretamente nossa sensação térmica, não diminuindo a temperatura, mas provocando uma sensação de resfriamento devido à perda de calor por convecção, o que aumenta a evaporação do corpo. À medida que o movimento do ar aumenta, o limite superior do conforto também se eleva. Os limites convenientes da velocidade do vento se encontram definidos segundo seus efeitos sobre os seres humanos. Esses parâmetros são de grande importância para complementar à análise dos dados de ventilação natural, em conjunto com a relação estabelecida em porcentagem do aproveitamento dos ventos externos nos ambientes internos.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir são apresentados os resultados obtidos nessa pesquisa. As medições foram realizadas durante o funcionamento normal dos edifícios, o que é interessante para avaliar o desempenho em suas condições reais de uso. Em Salvador, os três dias de medições se mantiveram quentes e ensolarados. Já no Rio de Janeiro, o primeiro dia estava quente e nos outros, a temperatura do ar apresentou uma redução e a umidade relativa do ar um aumento.

4.1. Medições de temperatura e umidade

O gráfico 1 apresenta os valores médios da temperatura do ar e os limites inferior e superior recomendados pela ASHRAE 55 para a zona de conforto no Sarah - Salvador. As análises basearam-se nos valores médios devido a similaridade dos três dias monitorados. Comparando a variação da temperatura do ar externa com a interna, nota-se que a externa se manteve acima das internas até as 11h00, com exceção da temperatura na área de atividades, que se apresentou superior à externa e à de todos os ambientes a partir das 09h30. De acordo com o gráfico 1, constatamos que o ganho térmico não ocorre pelas fachadas, pois não existem registros da elevação das temperaturas do ar em função dos diferentes horários da manhã e da tarde. Tanto os ambientes orientados para nordeste quanto os orientados para sudoeste possuem as curvas das temperaturas semelhantes, cujos valores máximos estão entre as 11h30 e as 14h30. Isso indica que o maior ganho térmico ocorre pela cobertura de telhas de alumínio, que possui uma pequena espessura e, segundo a NBR 15220 (2003) possui condutividade térmica de $\lambda = 230 \text{ W/(m.K)}$, ou seja, é um material com uma resistência térmica baixa e uma transmitância térmica alta.

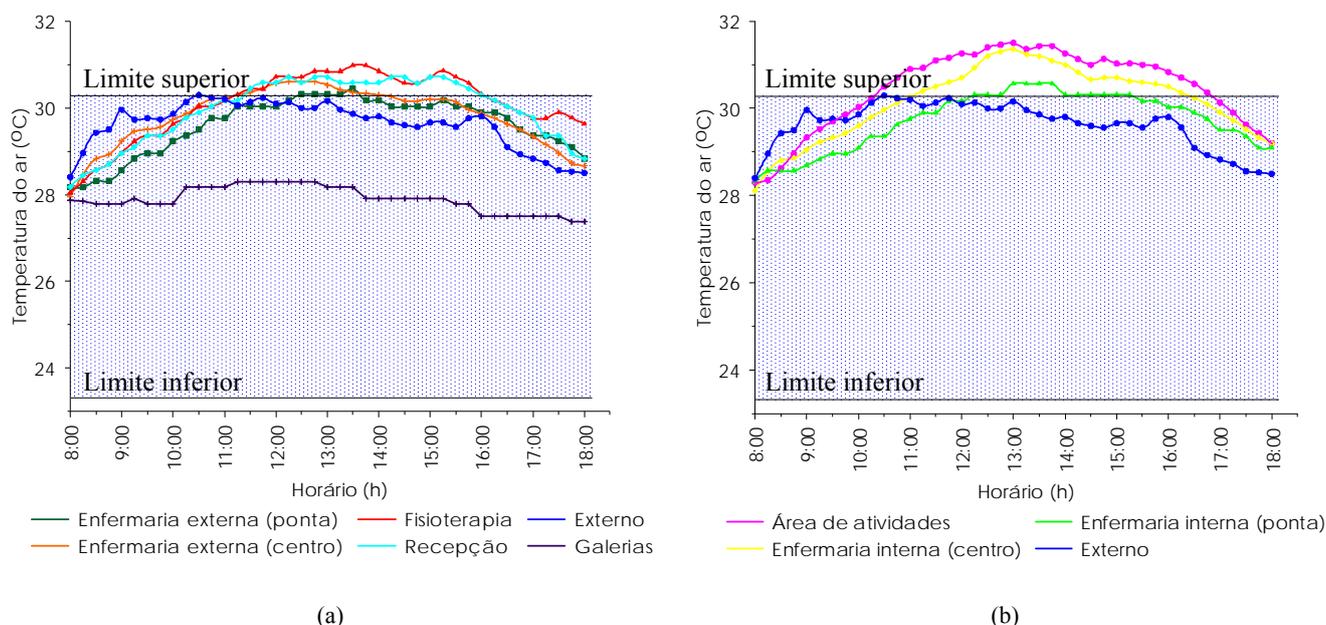


Gráfico 1: Temperatura do ar média (°C) externa e nos ambientes internos e limites superior e inferior recomendado pela ASHRAE (a) ambientes orientados para nordeste e (b) sudoeste no Sarah de Salvador

Essas propriedades indicam que grande quantidade de calor é transmitida para os ambientes internos. No entanto, algumas soluções projetuais foram incorporadas por Lelé visando reduzir esse efeito: O uso de uma camada de ar entre a cobertura e o forro de alumínio, formando um colchão de ar de aproximadamente 15cm; a cobertura pintada com branco neve que, segundo Dornelles (2008), possui uma absorvância em torno de $\alpha = 0,194$ (19,4%) e uma refletância em torno de $\rho = 0,806$ (80,6%), ou seja, minimiza a absorção da radiação incidente pela cobertura e o ganho de calor para os ambientes internos, aumentando a reflexão da radiação solar; uso da manta de bidim e o formato aerodinâmico dos sheds, que ajuda na retirada do ar quente pelo efeito chaminé. Essas soluções indicam um bom projeto para a cobertura. No entanto, é possível que o pé-direito baixo (3,00m na base inferior do sheds e 4,50m na base superior dos sheds) e a fina camada de ar de proteção entre a cobertura e o forro (15 cm) possibilitem que os ambientes internos recebam uma maior quantidade de calor solar e, conseqüentemente, tenham um aumento da temperatura interna do ar.

O intervalo superior e inferior da temperatura interna do ar, recomendado pela ASHRAE 55 (2004), para a zona de conforto é de 30,3°C a 23,3°C. O gráfico 1, mostra que não existe desconforto para o frio, pois as temperaturas do ar nos ambientes ficam acima de 28°C, com exceção das galerias. No entanto, existe um desconforto para o calor em todos os ambientes (tabela 1).

Tabela 1: Períodos em que os ambientes estão fora da zona de conforto, com base no limite superior recomendado pela ASHRAE

Ambientes	Horários fora da zona de conforto	Temperatura do ar máxima (°C)/horário
Ginásio de atividades	10h30min às 16h30min	31,5°C às 13h00min
Enfermaria interna (centro)	11h15min às 16h00min	31,36°C às 13h00min
Fisioterapia	11h30min às 15h45min	30,98°C às 13h30min
Recepção	11h30min às 15h45min	30,71°C às 13h00min
Enfermaria externa (centro)	11h45min às 13h15min	30,6°C às 12h30min
Enfermaria interna (ponta)	13h00min às 13h45min	30,57°C nesse período
Enfermaria externa (ponta)	Somente às 13h30min	30,44°C às 13h30min

O ambiente que permaneceu por mais tempo fora da zona de conforto e com os valores mais elevados da temperatura do ar, foi à varanda de atividades. A maior amplitude entre a temperatura interna do ar e a externa ocorreu às 13h45, quando os equipamentos registraram 31,4°C e 29,7°C, respectivamente. Ambientes orientados para sudoeste recebem radiação solar direta das 12h45 até às 18h00. No entanto, os valores mais altos da temperatura interna do ar foram atingidos entre 11h30 e 14h30, tendo uma queda do meio para o fim da tarde. Isso comprova que o maior ganho térmico ocorre pela cobertura e não pela vedação horizontal. Apesar dessa fachada ser envidraçada, o uso de grandes vegetações ao longo de sua extensão reduz a radiação que incide no período da tarde (figura 8). Além disso, a ocupação do espaço, que em alguns momentos tem em média 30 pessoas se exercitando, contribui para elevar a temperatura interna do ar.

A recepção e a fisioterapia também apresentaram temperaturas elevadas, com máximas de 30,9°C e 30,7°C, respectivamente. Para esses casos, a radiação solar direta ocorre das 06h00 até às 12h45 (nordeste).

No entanto, nota-se que a temperatura do ar apresentou um aumento somente a partir das 11h00 e o limite superior da ASHRAE foi ultrapassado das 11:30h até às 15:30h, indicando novamente que o maior ganho térmico ocorre pela cobertura e a eficiência das estratégias para a proteção das fachadas: uso de varandas, vegetações e a solução integrada do muro de argamassa armada do artista Athos Bulcão (figura 9).



Figura 8 – Fachada da varanda de atividades (Acervo da autora, 2009)

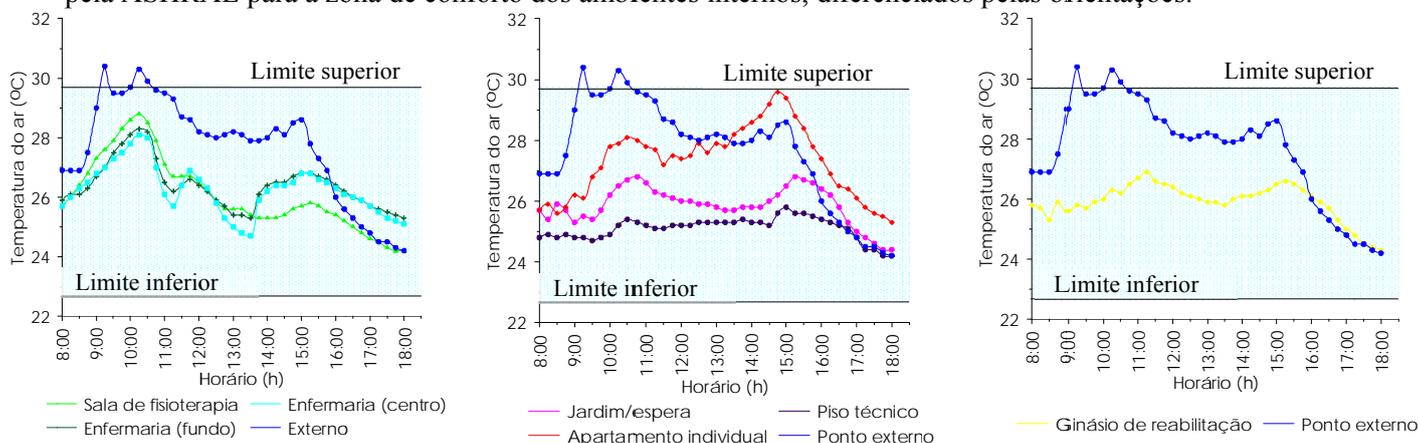


Figura 9 – Fachada da sala de espera (Acervo da autora, 2009)

O menor desconforto térmico ocorreu na enfermaria externa, com uma temperatura máxima do ar de 30,4°C, permanecendo muito próxima do limite superior da ASHRAE. No entanto, novamente os valores mais elevados de temperatura ocorreram no meio do dia. É importante ressaltar a falta de ganhos térmicos pela luz artificial, uma vez que as luminárias ficam apagadas durante todo o dia, demonstrando o grande aproveitamento da luz natural.

Por fim, nas galerias a temperatura do ar se manteve constante e abaixo das externas e de todos os ambientes internos. Isso ocorre pelas galerias serem compostas por grossas paredes de concreto e serem subterrâneas. O perde parte da energia térmica para a terra, o que rebaixa a temperatura do ar, devido à inércia térmica. Esses valores mostram a eficiência do sistema, uma vez que a principal função das galerias é a captação do ar mais fresco para a ventilação natural.

O gráfico 2 apresenta os valores da temperatura do ar para o primeiro dia de medição no Sarah – Rio, que se assemelham com as condições medidas em Salvador, e os limites inferior e superior recomendados pela ASHRAE para a zona de conforto dos ambientes internos, diferenciados pelas orientações.



(a)

(b)

(c)

Gráfico 2: Temperatura do ar (°C) externa e nos ambientes internos para o dia 13/07/2010 e limites superior e inferior recomendado pela ASHRAE (a) ambientes para leste, (b) oeste e (c) sul no Sarah do Rio de Janeiro.

Comparando a variação da temperatura do ar externa com a interna, observa-se que a externa se manteve acima das internas na maior parte do tempo. Somente a partir das 16h00, a temperatura externa do ar permaneceu abaixo das internas, exceto os valores registrados na fisioterapia e no piso técnico em que se mantiveram abaixo da externa todo o tempo.

O gráfico 2 mostra que, diferentemente do hospital de Salvador, o maior ganho térmico não ocorre pela cobertura. Apesar dos sheds também serem compostos por telhas de alumínio, eles são independentes dos espaços internos, criando uma camada de ar que proporciona grande proteção térmica. Esse fenômeno é acentuado pela cobertura totalmente independente do prédio. Entre os *sheds* e os tetos móveis, existe um grande espaço de ar ventilado de cerca de 4m que funciona como uma proteção térmica maior do que ocorre

no edifício de Salvador. Além disso, a localização das aberturas dos *sheds* em lados opostos – barlavento e sotavento - permite a renovação contínua do ar, evitando nesse espaço o acúmulo de ar quente. Essa camada de ar ventilada entre as coberturas ajuda na dissipação do calor vindo pela incidência da radiação solar sobre a cobertura (figura10). Em virtude disso, tem-se um melhor desempenho no hospital do Rio de Janeiro.

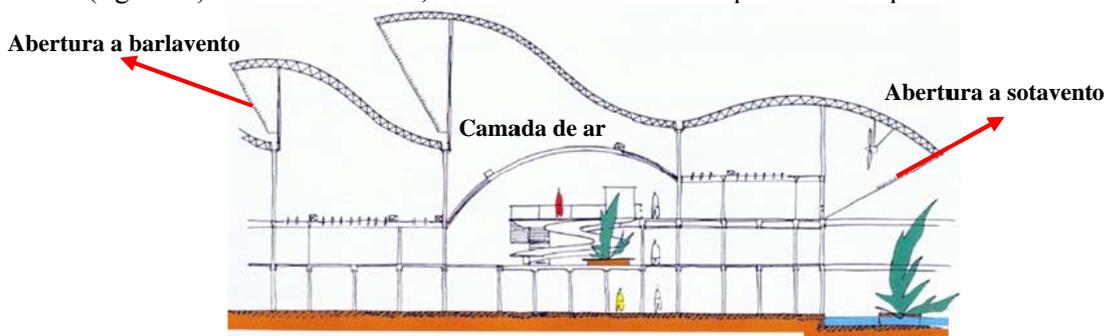


Figura 10: Corte do hospital do Rio (Acervo CTRS, 2008, adaptado pela autora)

Além da grande camada de ar, tem-se também o uso da manta de bidim e a pintura da cobertura na cor branca. Utilizando coberturas refletoras e ventiladas nos dois hospitais, Lelé visa melhorar o conforto térmico interno, pois, segundo a NBR 15220-2 (2003, p.5), “a ventilação do ático em regiões quentes é desejável e recomendável. Isto aumenta a resistência térmica da câmara de ar e, conseqüentemente, reduz a transmitância térmica e os ganhos de calor”.

O intervalo da temperatura interna do ar recomendado pela ASHRAE 55 (2004) para a zona de conforto é de 29,7°C a 22,7°C. O gráfico 2 mostra que não existe desconforto para o frio e nem para o calor. Todos os ambientes estão na zona de conforto requerida pela ASHRAE. Na enfermaria e na fisioterapia o maior ganho térmico ocorre no período da manhã (leste). No entanto, as temperaturas internas do ar permanecem abaixo da externa na maior parte do tempo. Já no apartamento individual a temperatura do ar foi aumentando ao longo do dia, atingindo no período da tarde valores maiores que a externa (oeste). Na sala de espera, as temperaturas do ar, de modo geral, se mantiveram abaixo da externa, do apartamento e da maioria dos ambientes. Isso ocorre pela proximidade com o jardim interno, possibilitando temperaturas do ar mais amenas e agradáveis. No pavimento técnico os valores da temperatura do ar permaneceram abaixo dos internos e externos, mantendo-se relativamente constantes ao longo do dia, pelo mesmo motivo que ocorre em Salvador. Nesse caso, o hospital também funciona com o uso da luz natural, não sendo registrados ganhos significativos pela luz artificial. O gráfico 3 apresenta a umidade relativa do ar para o Sarah-Salvador e Sarah-Rio, respectivamente.

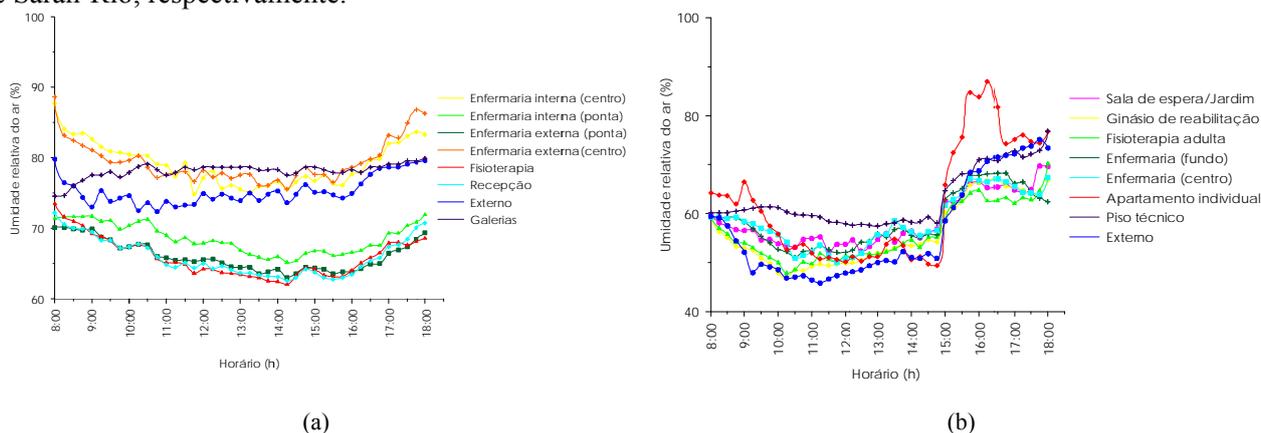


Gráfico 3: (a) Umidade relativa do ar média (%) externa e nos ambientes internos no Sarah – Salvador e (b) Umidade relativa do ar (%) externa e interna para o dia 13/07/2010 no Sarah – Rio.

No caso de Salvador, comparando a umidade relativa do ar externa com a interna, observa-se que a externa se manteve acima das internas todo o tempo, com exceção da registrada nas galerias e no centro das enfermarias. Na varanda de atividades, houve um problema no equipamento, inutilizando esses valores nas análises. As taxas registradas nas galerias permaneceram acima da maioria dos ambientes internos, apresentando um valor médio ao longo do dia de 78,1%. Durante as medições, o sistema de nebulização de água estava funcionando, o que auxiliou no aumento dessa taxa e na diminuição da temperatura do ar. Quando o ar vem do exterior passa por dispositivos que aumentam a umidade relativa do ar e no processo de evaporação, a água retira calor latente do ambiente, diminuindo assim a temperatura do ar e melhorando as

condições de conforto dentro da edificação. Os valores permaneceram constantes, com pequenas oscilações, pela baixa interferência dos fatores externos.

Já no Sarah – Rio, comparando a variação dos valores externos com os internos, observa-se que a umidade relativa do ar externa se manteve abaixo das internas até as 15h00, ocorrendo, posteriormente, um aumento. A umidade relativa do ar no piso técnico se manteve acima da externa e dos ambientes internos na maior parte do dia, sendo que a máxima taxa registrada nesse piso foi de 72,9%, devido a proximidade com o espelho d'água externo. No apartamento, foi registrada uma máxima de 86,9%, às 16h15, apresentando a maior média de todos os ambientes internos (62%), inclusive do ponto externo (56,3%). Acredita-se que isso ocorre também pela proximidade com o espelho d'água. A sala de espera registrou a segunda maior média (58,4%), devido à proximidade com o jardim interno. O processo de evapotranspiração das plantas também ajuda a aumentar a umidade relativa do ar.

4.2. Velocidade dos ventos

As figuras 11 e 12 apresentam o valor médio da velocidade do ar nos espaços internos em função dos ventos externos disponível (%), para os hospitais de Salvador e do Rio de Janeiro, respectivamente.

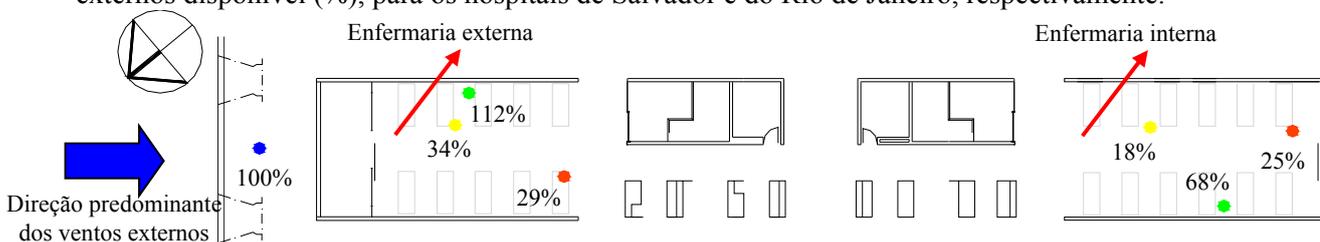


Figura 11: Velocidade do ar no interior em função do vento externo no Sarah - Salvador (Acervo CTRS, 2008, adaptado pela autora)

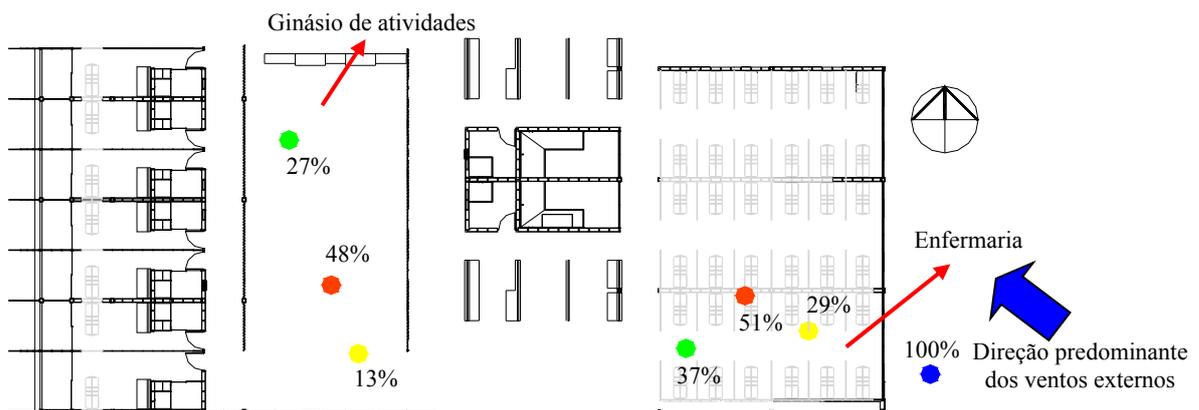


Figura 12: Velocidade do ar no interior em função do vento externo no Sarah - Rio (Acervo CTRS, 2008, adaptado pela autora)

Dos dois ambientes monitorados em Salvador, a enfermaria externa apresentou um desempenho melhor que a interna, em virtude de sua localização mais próxima aos ventos dominantes e de possuir aberturas para a entrada de ar na fachada externa, o que não ocorre com a enfermaria interna. Segundo Olgyay (1998) velocidades do ar até 0,25m/s não ocasionam sensação de resfriamento, enquanto os valores entre 0,25m/s e 0,50m/s proporcionam essa sensação. Já para Evans e Schiller (1994) valores até 0,5m/s não possuem efeito de resfriamento. De acordo com esses parâmetros, em Salvador, na enfermaria interna a ventilação é insuficiente, exceto nos pontos próximos às venezianas, que devido à pequena área de saída, o ar é canalizado e sai com maior força. Como elas se localizam próximas aos leitos, produzem um efeito de resfriamento direto, aumentando o conforto dos pacientes deitados nas camas-macas. No entanto, o ar que sai das venezianas com altas velocidades não chega a penetrar em todo o ambiente, uma vez que os outros pontos monitorados apresentam velocidades das correntes de ar bastante reduzidas. Já na enfermaria externa, a ventilação é mais perceptível, não atingindo valores médios abaixo de 0,40m/s.

Segundo Evans (1957 apud FREIXANET; VIQUEIRA, 2004), a velocidade do ar de 0,25m/s e 0,50m/s provoca um resfriamento de 0,7°C e 1,2°C, respectivamente. Baseando-se no valor da temperatura máxima do ar de conforto estipulada pela ASHRAE, que é de 30,3°C, a ventilação nos ambientes internos possibilita que a máxima temperatura do ar na enfermaria interna seja de 31,0°C, e, na externa, de 31,5°C. Deste modo, tanto a enfermaria interna quanto a externa ficariam dentro da zona de conforto, pois a máxima temperatura média do ar interna registrada foi de 30, 5°C às 13h00 e 30,4°C às 11h45, respectivamente.

Já pelo gráfico de Borel (1967), para a temperatura do ar de 30°C (as enfermarias interna e externa possuem uma temperatura média interna de 29,9°C e 29,6°C respectivamente), o resfriamento seria de aproximadamente 0,5°C e 1,0 °C. Nesse caso, para que o ambiente esteja confortável, a máxima temperatura média do ar na enfermaria interna deve ser de 30,8°C, e na externa, de 31,3°C. Assim, novamente as duas enfermarias estariam na faixa de conforto.

No Sarah – Rio, a velocidade interna varia de 0,20m/s - que não provoca nenhum efeito de resfriamento sobre o homem -, até 0,33m/s, que poderia provocar um efeito de resfriamento de 0,7°C, no caso do ginásio de atividades. Já na enfermaria, a velocidade varia de 0,26m/s (resfriamento de 0,7°C) até 0,55m/s (resfriamento de 1,2°C de Evans e 1,7°C de Borel).

5. CONCLUSÕES

A preocupação com o conforto térmico é recorrente nos projetos de Lelé, principalmente nos hospitais Sarah. Os resultados mostram que o grande avanço no Sarah Rio é o sistema de cobertura. Em Salvador, o maior ganho térmico para o interior ocorre pela cobertura, composta por telhas de alumínio. Apesar desse material apresentar uma resistência térmica relativamente baixa, o que aumenta o fluxo de calor por condução pelo elemento construtivo, as estratégias projetuais empregadas por Lelé na cobertura, em ambos os hospitais, como: cor branca, camada de ar na cobertura e o formato aerodinâmico dos sheds, que ajuda na retirada do ar quente, indicam um bom projeto para a cobertura. No entanto, no caso do Sarah Rio a forma de incorporar essas questões apresenta uma evolução que refletiu em um melhor desempenho térmico do edifício. No Sarah Salvador existe um desconforto para o calor nos ambientes monitorados, ao contrário do Sarah - Rio, cujos ambientes se encontram dentro da zona de conforto requerida pela ASHRAE. No entanto, a ventilação natural pode auxiliar no alcance de um melhor desempenho térmico dos ambientes internos. O movimento de ar interno provoca uma sensação de resfriamento devido à perda de calor por convecção, que aumenta a evaporação do corpo. À medida que o movimento do ar aumenta, o limite superior do conforto também se eleva. Diante disso, nota-se que no Sarah Salvador a ventilação deixaria os ambientes mais confortáveis.

É importante ressaltar que, apesar das duas cidades analisadas apresentarem climas quentes e úmidos, cada uma possui particularidades que interferem nos resultados monitorados. Diante disso, para uma conclusão mais precisa, seriam necessárias medições em um maior período no ano, e em períodos mais críticos como o verão, para o caso do Sarah - Rio. Através dos resultados, nota-se a evolução ocorrida no Sarah – Rio. No entanto, ressalta-se que o Sarah-Salvador se destaca como um exemplo nas questões ambientais. Concebido em uma época que esses temas não apresentavam discussões como atualmente, Lelé já possuía uma preocupação com o conforto, projetando edifícios que servem de exemplos para os arquitetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **2005 ASHRAE Handbook – Fundamentals**. p. 30.12. Atlanta, 2005.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2005. **NBR15220 Desempenho Térmico de edificações**. Rio de Janeiro, Brasil, set 2005.
- BOREL, J. C. **Confort thermique en climat chaud**. São Paulo: FAU/USP, 1967.
- CÂNDIDO, C.; DE DEAR, R. J.; LAMBERTS, R.; BITTENCOURT, L. S. Air movement acceptability limits and thermal comfort in Brazil's hot humid climate zone. **Energy and building** 45, 2010. p. 222-229.
- DORNELLES, K. A. Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. 2008.
- EDWARDS, B.; HYETT, P. **Guía básica de la sostenibilidad**. Barcelona, G. Gilli, 3°. Ed, 2005.
- EVANS, B. H. **Research report 59**. Texas: texas engineering station, 1957.
- EVANS, J. M.; SCHILLER, S. de (1994). **Diseño bioambiental y arquitectura solar**. Buenos Aires: UBA. 3 ed.
- FREIXANET, V. A. F. **Clima y arquitectura**. México: UAM, 2004.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2ª edição. São Paulo: ProLivros, 2004.
- LUKIANCHUKI, M. A. **A evolução das estratégias de conforto térmico e ventilação natural de João Filgueiras Lima, Lelé: Hospitais Sarah de Salvador e do Rio de Janeiro**. Dissertação (mestrado em arquitetura, urbanismo e tecnologia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010.
- OLGYAY, V. **Arquitetura y clima: manual de diseño bioclimático**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento da presente pesquisa e a toda a equipe dos hospitais Sarah de Salvador e Rio de Janeiro, que permitiram a realização das medições in loco.