



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

A ARQUITETURA DE SEVERIANO PORTO SOB ENFOQUE BIOCLIMÁTICO: VENTILAÇÃO NATURAL NO CAMPUS DA UNIVERSIDADE DO AMAZONAS, MANAUS-AM

Leticia de Oliveira Neves

Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, Brasil – e-mail: leneves@gmail.com

RESUMO

Proposta: A eficiência energética na arquitetura está fortemente relacionada com o cuidado no trabalho do conforto térmico no ambiente construído, através do uso de soluções de energia passiva. O arquiteto Severiano Porto, em seu projeto para o campus da Universidade do Amazonas (Manaus-AM), procura adaptar o edifício ao clima quente e úmido da região através do uso de soluções simples e criativas, que procuram evitar a necessidade de sistemas mecânicos de climatização. O objetivo deste artigo é realizar uma análise bioclimática do campus, examinando as soluções de ventilação natural apresentadas; já que tal estratégia é de grande importância para obtenção de conforto térmico neste clima. **Método de pesquisa/Abordagens:** Análise qualitativa, baseada em leitura de projeto; análise quantitativa, baseada em pesquisa de campo e medição das variáveis ambientais velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar, em sala de aula de um edifício padrão da Universidade. **Resultados:** A comparação entre dados qualitativos e quantitativos permite tanto uma avaliação detalhada dos sistemas propostos como um aprofundamento no estudo de ventilação natural para o clima quente e úmido da Amazônia. **Contribuições/Originalidade:** Desenvolvimento de metodologia de análise bioclimática para clima tropical através de aplicação em um exemplo real; trabalho pioneiro de análise à luz de conforto da obra de Porto.

Palavras-chave: análise bioclimática; clima quente e úmido; ventilação natural.

ABSTRACT

Propose: Energy efficiency in architecture is strongly related with giving more attention to thermal comfort, by the use of passive solutions. The architect Severiano Porto, in his project for the Amazonas University campus (Manaus-AM), tries to adapt the building to the hot-humid weather of the region using simple and creative solutions that intend to avoid the necessity of mechanical systems of acclimatization. This paper contains a bioclimatic analysis of the campus, which evaluates the natural ventilation solutions presented, since this strategy is of great importance to achieve thermal comfort in this climate. **Methods:** Qualitative analysis, based on project examination; quantitative analysis, based on field studies and measurement of wind velocity, temperature and relative humidity of the air in a classroom of a building of the University. **Findings:** The comparison between qualitative and quantitative data allows a detailed evaluation of the proposed systems as well as a more deep study of natural ventilation for the hot-humid weather of the Amazon. **Originality/value:** Development of a method of bioclimatic analysis for tropical climate by the application in a real example; pioneer research of analysis of Porto's work, by the point of view of thermal comfort.

Keywords: bioclimatic analysis; hot-humid weather; natural ventilation.

1 INTRODUÇÃO

Severiano Porto foi o arquiteto pioneiro a atuar na região amazônica abordando premissas bioclimáticas, divulgando novas idéias de tratamento dos espaços de acordo com o clima e valorizando aspectos importantes da arquitetura regional, dita “amazônica”.

As soluções arquitetônicas encontradas em suas obras em Manaus procuram ser coerentes, de uma maneira geral, com as respostas básicas que se espera de um projeto no clima quente e úmido. O arquiteto estuda e utiliza diferentes estratégias para controle da incidência solar e ventilação natural, o que pode ser observado pela presença regular de elementos construtivos característicos, como beirais amplos, venezianas reguláveis, aberturas na cobertura para saída do ar aquecido, brises ou elementos vazados para proteção do sol, aberturas dimensionadas e posicionadas com a intenção de promover a ventilação natural, construções elevadas do solo para proteção contra a umidade, entre outros. Segundo Romero (1997):

“A arquitetura de extremos é a que tem melhor exemplificado soluções arquitetônicas de grande criatividade e ótimo desempenho. No Brasil a arquitetura amazonense de João Castro Filho e Severiano Porto proporcionam proteção da radiação direta, do vento e da chuva a partir de beirais grandes curvados, e retirada do ar quente utilizando lanternin-clarabóia com venezianas laterais na cobertura e que funciona como ‘coifa’.” (ROMERO, 1997)

Sua arquitetura procura atender às especificidades climáticas locais através da utilização de soluções criativas e pertinentes de conforto. O uso de diferentes mecanismos de ventilação natural é solução recorrente em suas obras, dada a importância desta estratégia para o clima da região.

O campus da Universidade do Amazonas, de 1973-80, é uma de suas principais obras na cidade de Manaus, onde se destacam as soluções projetadas para obtenção de conforto e diferentes estratégias de ventilação natural. O projeto original e a construção serão agora analisados mais aprofundadamente, para verificação da real eficácia das soluções utilizadas.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é realizar uma análise bioclimática do campus da Universidade do Amazonas, quanto à inserção no entorno, conforto térmico e especialmente quanto ao desempenho e eficácia das estratégias de ventilação natural utilizadas.

3 METODOLOGIA

A pesquisa empreendida na Universidade divide-se em duas abordagens. A análise qualitativa e descritiva é centrada em leitura de projeto, baseada em material obtido no acervo do Núcleo de Pesquisa e Documentação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (NPD-UFRJ), onde houve acesso ao projeto executivo e diversas publicações sobre a Universidade. A análise quantitativa compreendeu visita ao campus para realização de pesquisa de campo, no período de 23 a 30 de janeiro de 2006, onde foram realizadas medições das variáveis térmicas temperatura de bulbo seco (TBS), umidade relativa e velocidade do ar; além da realização de levantamento fotográfico.

As medições de temperatura e umidade foram realizadas com o equipamento HOBO RH/Temp, em intervalos de 15 minutos pelo período de uma semana. Para a medição da velocidade do ar foi utilizado o confortímetro SENSU, que dispõe de cinco anemômetros para captação de baixas velocidades de vento – de 0,05 a 3m/s.

4 ANÁLISE QUALITATIVA E DESCRITIVA

4.1 Área de inserção e implantação

A área de inserção destinada ao campus da Universidade do Amazonas era cercada de nascentes e envolvida por vegetação tropical nativa, o que pedia um projeto de baixo impacto ambiental, com o mínimo de interferência possível na paisagem original. Por isso, quando os estudos preliminares para elaboração do projeto foram iniciados, no começo da década de 70, Porto procurou conhecer a fundo a região de intervenção, sua vegetação e topografia, a fim de definir uma área adequada para implantação.

Foi escolhido, para inserção das edificações, o platô definido pela cota 94, que se situa no centro geográfico do terreno. A escolha baseou-se na busca por um mínimo de agressão ao ambiente natural.

O arruamento é periférico e procura adaptar-se à topografia do terreno, que nessa área é mais acidentada, acomodando-se às curvas de nível nas cotas mais altas e não prejudicando as nascentes.

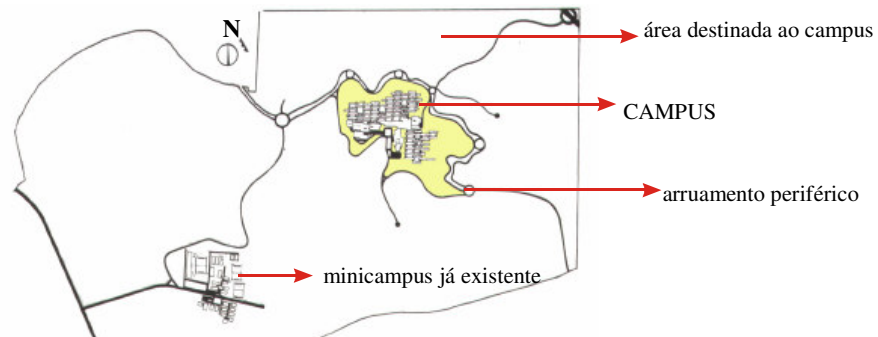


Figura 1: Planta geral do campus e rede viária (PENTEADO et al, 1986)

4.2 Os edifícios

Para garantir uma unidade ao projeto e proporcionar uma certa flexibilidade para futuras reformas, adaptações e ampliações, o partido proposto consistiu em um sistema de malha modular para a implantação das edificações, onde os pavilhões se unem por circulações cobertas, envolvidas por jardins e áreas verdes. O projeto, que cobre uma área de 100 mil metros quadrados, é composto por coberturas-tipo, que dão liberdade para os mais diversos tipos de arranjo e se adequam a qualquer uso. A concentração de equipamentos buscou minimizar os investimentos e facilitar circulações e convívio. As passarelas proporcionam acessos fáceis e são trabalhadas de forma a comporem uma simples passagem, em locais que exigem maior silêncio, ou espaços mais amplos e equipados, que configuram áreas de estar.

Os prédios foram implantados na direção Leste-Oeste, de acordo com os ventos dominantes da região, e se adequam às curvas de nível do terreno, evitando grandes movimentos de terra e desmatamentos.

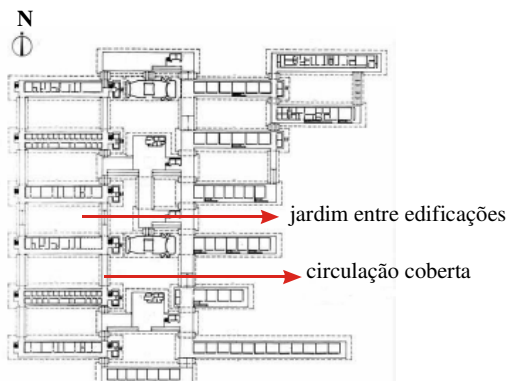


Figura 2: Planta geral da faculdade - pavimento térreo (SABBAG, 2003)

Figura 3: Vista das coberturas dos edifícios (PENTEADO et al, 1986)

4.3 Estratégias bioclimáticas e conforto ambiental

A densidade das edificações na Universidade é adequada às características climáticas da região, que apresenta altas taxas de precipitação e constante insolação, pedindo, portanto, grandes coberturas e circulações cobertas. As circulações de pedestres, orientadas na direção Norte-Sul, oferecem proteção do sol e das chuvas e proporcionam a ligação entre os diversos equipamentos. Jardins são dispostos regularmente entre os edifícios.

Os edifícios são implantados na direção Leste-Oeste, o que reduz significativamente a exposição à radiação solar e expõe as fachadas maiores aos ventos dominantes da região, que são predominantemente Nordeste. Além da orientação favorável, a forma alongada das edificações, em sua maioria 60 x 12,5m, também contribui neste aspecto.

Como Manaus situa-se próxima à linha do Equador (latitude de 3,13° Sul), a incidência solar é praticamente perpendicular durante o ano todo, o que torna a cobertura o elemento mais importante da construção na proteção à radiação. Dessa forma, a estrutura metálica independente da cobertura funciona como uma ampla proteção para o edifício e as circulações do entorno, através de grandes beirais.

Ao analisar as propriedades térmicas da telha de fibrocimento utilizada na cobertura, observa-se que é um material leve que possui elevada transmitância térmica e baixa capacidade térmica, ou seja, transmite grande quantidade de calor. Este fator se agrava com o enegrecimento que sofre com o passar do tempo, que em Manaus ocorre rapidamente devido à elevada umidade. Sem pintura, a telha fica enegrecida num período de três a seis meses; a pintura dura cerca de dois anos, e possibilita melhor resultado em termos de conforto térmico. Portanto, com o objetivo de melhorar sua resposta térmica, Porto indicou a pintura freqüente da cobertura em cores claras, visto que auxilia na redução da absorção da radiação incidente – o fator de reflexão da cor branca é de cerca de 90%, enquanto o preto reflete 15% ou menos (OLGYAY, 1998).

4.4 Ventilação natural

A ventilação natural dos ambientes, imprescindível no clima quente e úmido, foi trabalhada com atenção especial, visando fornecer maior conforto térmico aos usuários e limitar ao máximo o uso de ar condicionado, preocupação também aliada aos futuros custos da Universidade. O projeto possui malha de implantação em cota elevada do terreno e na direção dos ventos Nordeste. Desníveis entre os blocos decorrentes da implantação sem muitas alterações na topografia permitem que o vento atinja todos os prédios.

A cobertura de estrutura metálica é independente dos ambientes fechados, formando um colchão de ar ventilado entre as telhas de fibrocimento e o forro de concreto. A cobertura de telhado inclinado favorece a extração do ar mais quente pela cumeeira, através da disposição de lanternins com aberturas na face Sul – lado oposto aos ventos – que oferecem proteção contra as chuvas e propiciam a saída por sucção (efeito chaminé) do ar aquecido que se encontra sob o telhado e dentro das salas.

Existem duas tipologias básicas de blocos na universidade: os blocos de dois pavimentos, que incluem laboratórios e administração, e os blocos de um pavimento, de salas de aula. Ambos possuem forma alongada, o que responde melhor à demanda de ventilação cruzada, e os corredores de circulação estão situados no lado contrário à direção dos ventos dominantes, para proteção da chuva. Os jardins dispostos entre as edificações auxiliam no controle do movimento de ar e resfriam o fluxo de ar que penetra na edificação.

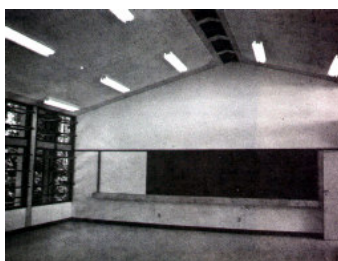


Figura 4: Bloco de salas de aula (PENTEADO et al, 1986)

Figura 5: Sala de aula (PENTEADO et al, 1986)

Figura 6: Perspectiva da sala de aula (SABBAG, 2003)

Os blocos de salas de aula possuem aberturas em fachadas opostas – Norte e Sul, para a ocorrência de ventilação cruzada. O vento chega inclinado a 45° em relação ao plano da abertura de entrada, situada

na face Norte, fazendo com que todo o ambiente seja afetado pelo fluxo de ar, que se torna turbulento no espaço interno. Quanto à locação vertical, as aberturas de entrada do ar ocupam desde meio metro acima do piso até a altura da laje, permitindo que o vento atinja todo o ambiente interno, já que a janela de entrada é que determina o padrão do movimento de ar. As aberturas de saída são um pouco mais altas e proporcionam um fluxo de ar ascendente. Uma abertura localizada na laje de concreto permite ventilação por efeito chaminé, que funciona em conjunto com o colchão de ar da cobertura formando uma camada de ar móvel entre o forro e o telhado, que auxilia a dissipar o calor advindo da incidência de radiação sobre o telhado.

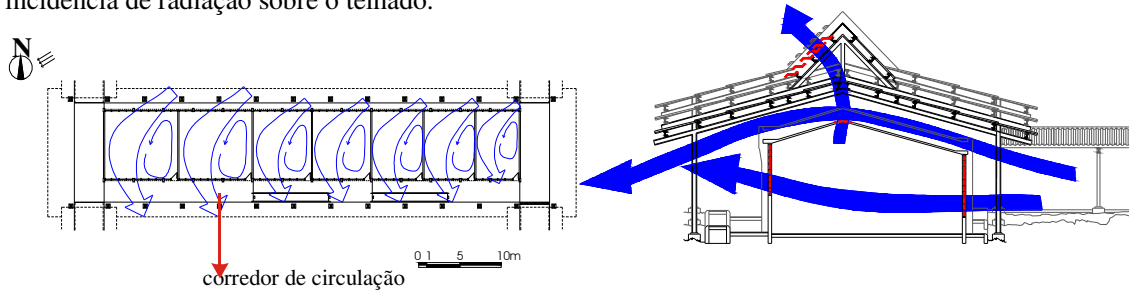


Figura 7: Planta do bloco de salas de aula - um pavimento (Desenho: Leticia Neves)

Figura 8: Corte transversal do bloco de salas de aula (Desenho: Leticia Neves)

5 ANÁLISE QUANTITATIVA

5.1 A Universidade hoje

O campus situa-se em área de preservação ambiental, até hoje muito bem preservada. O platô onde se encontra o conjunto de edifícios é cercado por mata nativa fechada, que auxilia na manutenção de um microclima mais estável, já que a superfície vegetal possui albedo baixo; porém possui a desvantagem de barrar o fluxo de ar natural, reduzindo a exposição aos ventos dominantes locais.



Figura 9: Ambientes externos cobertos (Arquivo próprio)



Figura 10: Vedação das aberturas no forro das salas de aula (Arquivo próprio)



Figura 11: Instalação de aparelhos de ar condicionado nos edifícios (Arquivo próprio)

Os ambientes externos cobertos funcionam de acordo com o projeto original, tanto áreas para refeição e lanchonetes como áreas de circulação e estar. Já os ambientes internos foram todos adaptados para instalação de ar condicionado. Segundo informações obtidas pelos usuários das edificações, a presença de insetos, principalmente no período noturno, e o calor excessivo demandaram a instalação de equipamentos de refrigeração artificial, e atualmente não há ambientes fechados na Universidade que não disponham de tais aparelhos. Para a realização desta modificação, foram vedadas as aberturas no forro das salas de aula, interrompendo o fluxo de ar pela cobertura.

O estado geral de conservação atual dos edifícios é relativamente bom. Alguns problemas de manutenção interferem diretamente no desempenho térmico do conjunto, como o enegrecimento da telha de fibrocimento, que aumenta a absorção de radiação solar e contribui para um maior aquecimento dos ambientes cobertos. Também há problemas no funcionamento das esquadrias, já que

o sistema de abertura de algumas delas encontra-se quebrado, prejudicando a circulação de ar natural quando o ar condicionado encontra-se desligado.

5.2 Caracterização do ambiente escolhido para análise

O edifício escolhido para a realização de medições de temperatura, umidade e ventilação é um bloco de salas de aula da Faculdade de Tecnologia. Apresenta-se a seguir uma tabela com a especificação detalhada de materiais construtivos e revestimentos utilizados na construção da edificação, para que haja uma melhor interpretação e análise dos dados obtidos nas medições:

Tabela 1: Materiais construtivos e revestimentos do bloco de salas de aula

Componente do edifício	Material
Cobertura independente	Telha de fibrocimento
Estrutura da cobertura	Metálica, pintada de verde
Estrutura das salas de aula	Concreto aparente
Vedação das salas de aula	Parede de tijolos com furos (esp. 15cm)
Revestimento externo da vedação	Pastilha cerâmica
Revestimento interno da vedação	Fórmica bege até altura de 1,80m
Revestimento do piso	Cerâmica
Forro	Laje de concreto pintada de branco
Esquadrias	Madeira e vidro incolor comum

As salas de aula possuem 8m de comprimento e 7m de largura, dando um total de 56m² de área. A face Norte possui pé-direito de 3,40m, a face Sul de 3,70m, e a parte mais alta do ambiente possui pé-direito de 4,50m. O volume total da sala é de 221,2m³. Todas as salas possuem aparelho de ar condicionado e contam com 14 luminárias, com duas lâmpadas fluorescentes cada, que ficam acesas em todas as aulas, inclusive durante o dia.



Figuras 12 e 13: Sala de aula analisada –fachadas Norte e Sul, respectivamente (Arquivo próprio)
Figuras 14 e 15: Desenho das esquadrias – fachadas Norte e Sul, respectivamente (Desenho: Leticia Neves)

A vedação da face Norte possui uma área de 23,8m², sendo que 17,6m², ou 74%, corresponde à área de esquadrias. Elas são pivotantes e apresentam 100% de área real de abertura. A face Sul possui uma área total de 25,9 m² e uma área de esquadrias de 13,8m², ou 53,3%, também com 100% de área real de abertura. As folhas de vidro incolor comum possuem sistema único de abertura, acionado por manivela localizada na extremidade inferior; as folhas amarelas abrem-se individualmente.

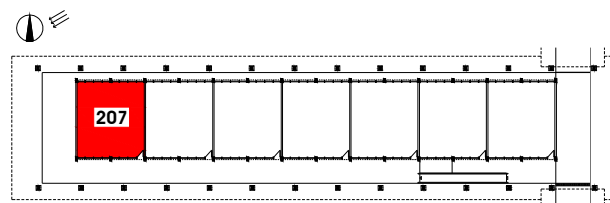


Figura 16: Indicação em vermelho da sala de aula escolhida para análise (Desenho: Leticia Neves)

5.3 Análise de desempenho térmico: temperatura e umidade

As medições foram realizadas em uma sala de aula de um edifício padrão da Universidade (sala 207) e em um ponto na área externa próxima. O gráfico com os dados de temperatura é o que segue:

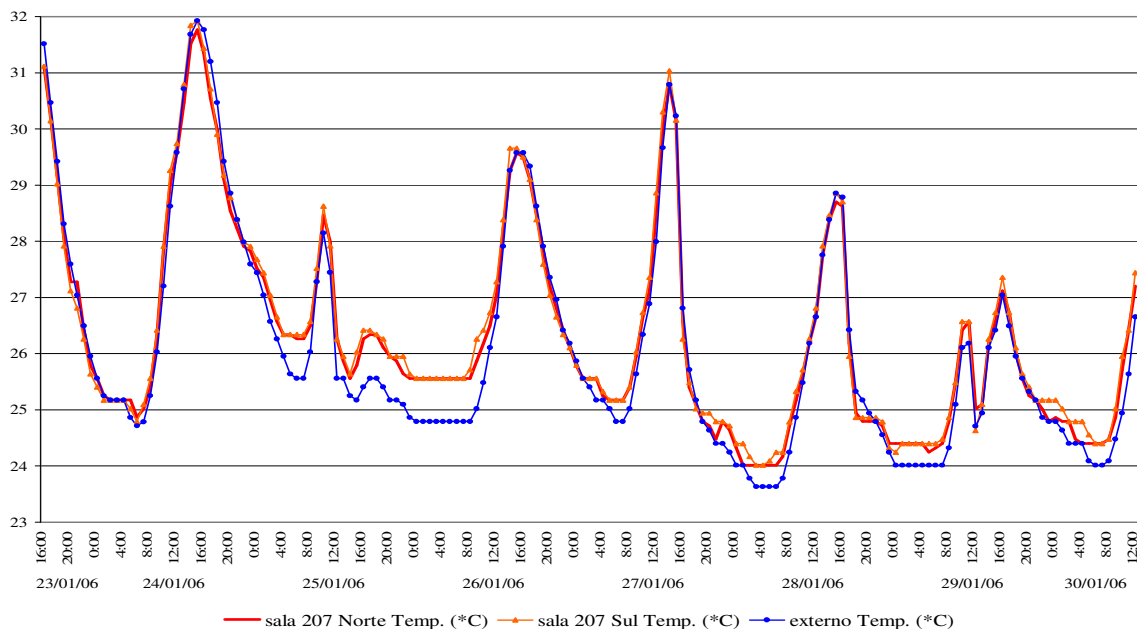


Gráfico 1: Temperatura – sala 207 (faces Norte e Sul) x externo

As medições obtidas na área externa mostram uma pequena oscilação de temperatura no local; característica do clima quente e úmido, devido à umidade elevada. No período de uma semana, o pico máximo registrado foi de 31,93°C às 14h (dia 24/01), e o mínimo foi de 23,63°C às 02h (dia 28/01), o que dá uma variação máxima de aproximadamente 8°C entre o período mais quente do dia e a madrugada. A média semanal ficou em 26,1°C. A umidade máxima registrada foi de 95,9% às 09h45min (dia 29/01), sendo a média semanal de 90,0%, um valor extremamente elevado, comum para a época em que foram realizadas as medições, de chuva na região e de cheia dos rios. A vegetação do entorno também contribui para manter a umidade elevada.

Comparando a variação de temperatura interna das salas de aula com a variação da temperatura externa, observa-se que praticamente não há amortecimento nem atraso térmico, o que revela a baixa inércia térmica da construção, solução recomendada para o clima, já que as oscilações externas são baixas. A temperatura máxima registrada no interior das salas de aula foi de 31,93°C às 14h15min (dia 24/01), mesmo valor e horário da área externa, e a mínima foi de 24,01°C às 00h30min e 04h45min (dias 28/01 e 29/01, respectivamente), valor pouco superior ao obtido na área externa. Os picos máximos sempre ocorrem por volta das duas horas da tarde, o que determina o período mais quente do dia, já os mínimos ocorrem pouco antes do nascer do sol, como pode ser observado no gráfico 1. A média semanal obtida internamente foi de 26,3°C, pouco superior à média externa.

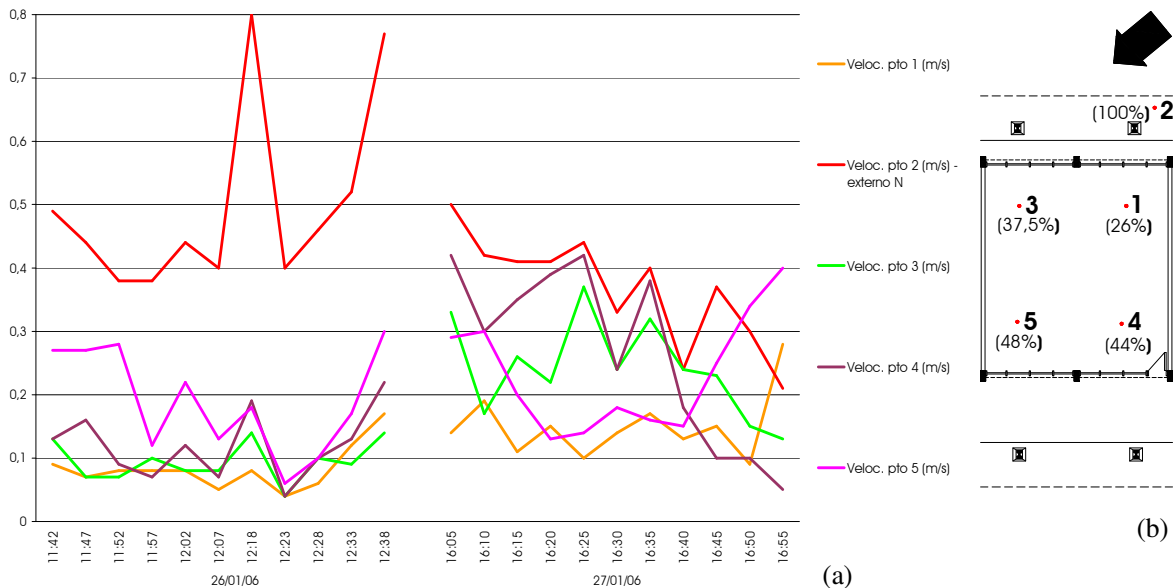
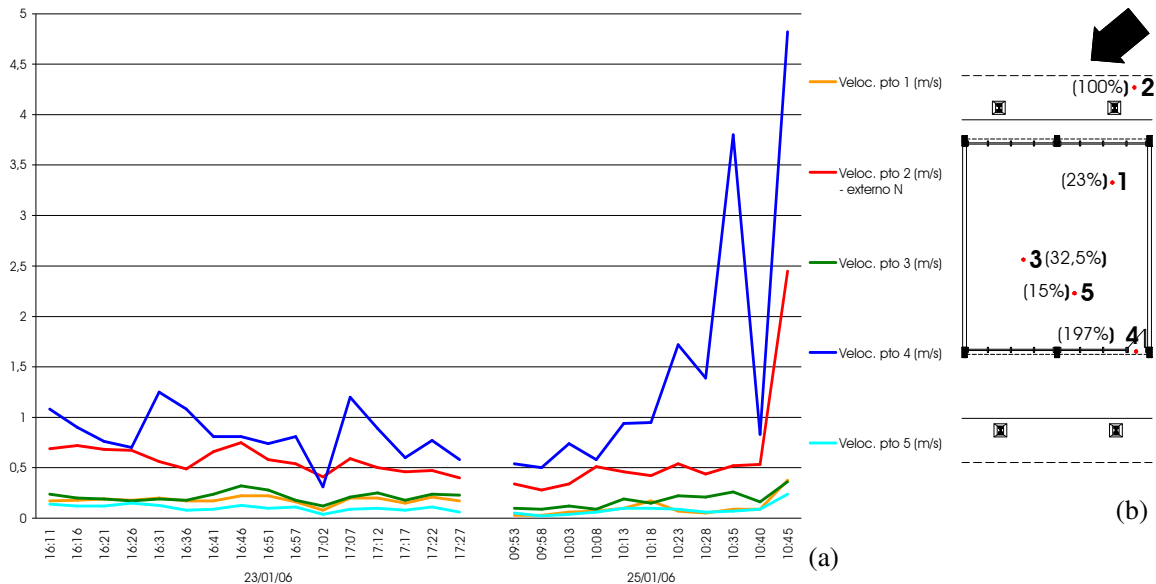
Apesar do sistema construtivo do bloco de salas de aula ser de materiais relativamente pesados (concreto armado e blocos de concreto), que apresentam inércia térmica significativa, o grande número de aberturas voltadas para a área externa contribui para o desempenho térmico apresentado. Em relação às variáveis temperatura e umidade, o desempenho mostrou-se adequado ao clima.

5.4 Análise de desempenho térmico: ventilação natural

Realiza-se agora uma avaliação quantitativa da contribuição proporcionada pela ventilação natural para o desempenho térmico da sala de aula. Dentre as variáveis climáticas analisadas, o vento é a mais instável, pois muda constantemente de velocidade e direção. Por isso, foram registradas suas

características predominantes, através de medições em horários e posições variadas durante cinco dias da semana. As medições foram realizadas em diferentes pontos do ambiente interno da sala e em um ponto externo, para que pudesse haver comparações quantitativas. As medições foram feitas a uma altura de um metro em relação ao piso, que é a altura da zona ocupada pelos estudantes sentados nas carteiras. O intervalo entre as medições foi de cinco minutos.

Cinco anemômetros foram dispostos em dois posicionamentos diferentes. Os resultados obtidos apresentam-se nos gráficos e figuras a seguir:



O fechamento das aberturas localizadas no forro para instalação do equipamento de refrigeração artificial prejudicou a análise do edifício de acordo com o projeto original, já que não funciona mais a ventilação por efeito chaminé; porém pode-se analisar como ocorre o movimento de ar por ventilação cruzada. A sala de aula possui, na face Norte, a segunda esquadria (de Oeste para Leste) fechada,

devido ao aparelho de ar condicionado, e na face Sul os sistemas de abertura da primeira e terceira esquadrias (de Oeste para Leste) estão quebrados. Apenas as folhas amarelas destas esquadrias, que funcionam separadamente, puderam se abertas. Estes problemas de manutenção também prejudicaram um pouco a avaliação da ventilação natural.

Ao observar os gráficos, pode-se notar como os resultados de ventilação por meios naturais variam a todo momento, devido à variação na velocidade e direção do vento. Incluem períodos de maior calmaria e períodos onde o fluxo do ar foi mais intenso, geralmente antecedendo chuvas. As figuras ao lado dos gráficos apresentam o valor médio da velocidade do ar no interior em relação ao vento externo disponível, em porcentagem, o que dá uma expressão quantitativa da eficiência da ventilação e é útil para avaliar o potencial do uso do vento no ambiente interno.

Observa-se que a média da velocidade do ar externo, para as medições efetuadas, ficou em 0,52m/s, um valor extremamente baixo, considerando-se que sempre há uma perda de velocidade do ar quando penetra no ambiente interno. Isso significa que o vento disponível no exterior já não é adequado para que haja uma boa ventilação natural do edifício.

No posicionamento 1, observa-se um fluxo mais forte no ponto 4, localizado na entrada da sala (em torno de 1m/s), o que se deve à canalização do vento ocorrida no corredor de circulação. Porém, este vento não chega a entrar no ambiente, já que no ponto 5, situado próximo à entrada, a velocidade do ar é baixa, ficando em torno de apenas 0,1m/s. No ponto 1 a velocidade também é de pouco mais de 0,1m/s; este ponto pode ser considerado como uma zona de sombra de vento pois, como a direção predominante dos ventos é Nordeste, a vedação situada a Leste da sala impede que o vento atinja essa região. O ponto 3, situado próximo ao centro da sala, é o que apresenta as maiores velocidades internas, por volta de 0,2m/s, o que, entretanto, ainda é um valor muito baixo.

No posicionamento 2, pode-se ter uma idéia da distribuição geral do fluxo de ar no interior da sala de aula. Os pontos 1 e 3, localizados próximos à face Norte, apresentam velocidades em torno de 0,10 e 0,15m/s. Os pontos 4 e 5, mais próximos à fachada Sul, apresentam velocidades em torno de 0,20 a 0,25m/s, chegando a picos de até 0,42m/s no ponto 4. Pode-se notar que o ar atinge velocidades um pouco mais elevadas ao atingir as aberturas de saída.

Segundo Olgyay (1998), até 0,25m/s o movimento de ar é imperceptível, o que leva a concluir que praticamente não ocorre ventilação natural dentro das salas de aula. A média de aproveitamento do vento livre disponível no exterior fica em torno de 20 a 30% para a maioria dos pontos. Como o vento livre disponível já é pouco, o baixo aproveitamento interno compromete ainda mais a ventilação cruzada.

Os resultados obtidos pelas medições em diversos pontos dos ambientes permitem realizar o traçado esquemático de como se dá o escoamento e a distribuição do ar internamente, que se apresenta na figura seguinte.

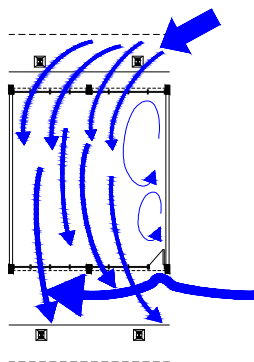


Figura 17: Esquema do fluxo de ar interno na sala de aula 207 (Desenho: Leticia Neves)

A ventilação por efeito chaminé, se funcionasse, não contribuiria muito para aumentar o fluxo de ar interno. O motivo principal disso se deve ao fato de que a diferença de altura entre as aberturas de

entrada e saída do ar é muito pequena, apenas 2,1m. Este fator é de extrema importância para que haja uma ventilação por diferença de temperatura adequada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ventilação cruzada do bloco de salas de aula da Universidade não funciona apropriadamente. Um dos motivos principais é a baixa velocidade do vento livre disponível no exterior, o que se agrava pela presença de mata nativa fechada no entorno e de jardins muito densos entre as edificações, que atrapalham a circulação de ar. As esquadrias das salas de aula, apesar de serem amplas e possuírem sistema de funcionamento que possibilita máxima abertura, não se aproveitam da melhor forma possível dos ventos. Uma das prováveis causas é o posicionamento relativo às aberturas de entrada, em função das características dinâmicas de incidência do vento. Elas estão posicionadas na direção Norte, sendo que a direção de incidência dos ventos varia de Norte a Leste. Quando o vento está mais próximo da direção Leste, a captação para o ambiente interno é muito baixa.

A ventilação natural é de extrema importância para obtenção de conforto térmico no clima quente e úmido, e tanto a falta de condições microclimáticas adequadas como alguns fatores projetuais resultaram no funcionamento aquém do necessário do sistema proposto no edifício analisado, e na instalação de refrigeração artificial em todos os ambientes fechados do campus.

7 REFERÊNCIAS

- BITTENCOURT, L. S.; CÂNDIDO, C. **Introdução à ventilação natural**. Maceió-AL: Edufal, 2005.
- OLGYAY, V. **Arquitectura y clima** – manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.
- PENTEADO, S.; ZEIN, R. V.; YAMASHIRO, D. A longa trajetória, da efervescência cultural do Rio a Manaus. **Projeto**, n. 83, p. 46-86, jan. 1986.
- ROMERO, M. A. B. et al. Técnicas e dispositivos bioclimáticos na arquitetura contemporânea. Uma análise crítica. In: IV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1997, Salvador. **Anais...** ENCAC, 1997.
- SABBAG, H. Severiano Porto e a Arquitetura Regional, **Arquitetura Crítica**, n. 12, set. 2003. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/ac/ac012/ac012.asp>>. Acesso em: 10 mar. 2004.

8 AGRADECIMENTOS

A autora gostaria de agradecer à Prof.a Rosana Caram, à FAPESP e ao Prof. Nelson Kuwahara, da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), pelo apoio no desenvolvimento da pesquisa.