



ABORDAGEM DIDÁTICA DE AVALIAÇÃO DE CONFORTO AMBIENTAL DE EDIFICAÇÕES VISANDO PROPOSTAS DE USO

Aldomar Pedrini (1); Sathiwathy Ladchumananandasivam (2); Eugênio Mariano de Medeiros (3); Virgínia Maria Dantas de Araújo (4)

Departamento de Arquitetura/ CT / UFRN / Campus Lagoa Nova - CEP 59072-970 - Natal / RN,
(84) 215 3722, (1) apedrini@ufrnet.br ; (2) sathiamrbl@hotmail.com;
(3) eugenio_arq@yahoo.com.br; (4) virginia@ufrnet.br

RESUMO

O artigo apresenta uma proposta de módulos didáticos de ensino de conforto ambiental voltados para a avaliação de edificações e integrada com outras disciplinas do semestre. Os módulos consistem de abordagens sequenciais e de crescente complexidade, os quais envolvem avaliação de estratégias bioclimáticas, de transmitâncias térmicas, de conforto térmico, de ventilação natural, de paisagismo, de proteção solar e de conforto luminoso. Com base nos resultados, os alunos propõem formas de recuperação e de revitalização dos espaços, que são temas abordados nas outras disciplinas. As abordagens têm sido experienciadas por dois semestres e o resultados são promissores.

ABSTRACT

This paper describes a method of teaching environmental comfort and building thermal performance based on didactic modules and integrated with other subjects of the semester. The method consists of sequential approaches with increasing complexity. It concerns bioclimatic strategies, thermal transmittance, thermal comfort, natural ventilation, sustainable landscape, solar shading and lighting comfort. The results support other subjects concerning historic preservation and design. The method has been tested for two semesters and the results are promising.

1. INTRODUÇÃO

Esse artigo propõe alguns módulos didáticos no ensino de conforto ambiental. Esse material faz parte da primeira das três avaliações da disciplina de Conforto 3, do Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O objetivo é “fornecer ao aluno um instrumental teórico/prático para os processos naturais de controle e dimensionamento adequado das soluções de projeto, visando a otimização higrotérmica-acústica-lumínica das edificações”. A disciplina é aplicada no sétimo período, o qual tem como tema a “Intervenção no Espaço Construído”. Como legado das reformas curriculares (o curso está em sua quinta reforma), as disciplinas são integradas, ainda que em diferentes níveis.

Os módulos didáticos são programados para que as análises se iniciem de forma simplificada e, gradativamente, se tornam mais detalhados e complementares. Os módulos foram concebidos para que haja a aplicação de literatura recente e equipamentos de medições de baixo custo.

Como os resultados têm sido motivadores, o artigo também busca estimular o desenvolvimento de novos módulos com a colaboração de especialistas em várias áreas. A intenção é disponibilizá-los como material didático a qualquer interessado para que sejam empregados no treinamento de profissionais e na implantação de laboratórios. Como há uma crescente estruturação de laboratórios de conforto motivada pelo atendimento às exigências do MEC (Ministério da Educação e Cultura) e pelo apoio de empresas como a Eletrobrás - Centrais Elétricas Brasileiras S.A., não basta equipar laboratórios se não houver treinamento dos responsáveis ou mesmo estímulos para que os equipamentos sejam usados adequadamente. Do contrário, corre-se o risco de ter laboratórios trancados que apenas buscam atender as exigências do MEC e que afastam os alunos para preservação do patrimônio.

2. METODOLOGIA

As abordagens de conforto ambiental são formuladas para que o aluno investigue gradativamente a influência do entorno e da edificação no conforto ambiental. O objeto de estudo é uma edificação que atenda os requisitos das demais disciplinas, como a preservação histórica (disciplina Preservação e Técnicas Retrospectivas) e a proposta de projeto arquitetônico (disciplina Projeto de Arquitetura 05). Geralmente são escolhidas edificações em mau estado de conservação, que apresentem algum valor histórico e que apresentem possibilidades de serem revitalizadas.

2.1 Avaliação intuitiva das estratégias de conforto ambiental

A primeira abordagem é a mais simples e visa despertar a atenção para com as estratégias de conforto. Mesmo sem equipamentos, o aluno é estimulado a refletir sobre a existência das estratégias na edificação durante as primeiras visitas, auxiliado por uma planilha (Tabela 1). Embora possam parecer estranhos à primeira vista, o emprego de ícones nas planilhas tem sido bem recebido pelos alunos: torna o preenchimento mais intuitivo e são mais flexíveis para representar as diversas situações (como bom, mau, insuficiente, satisfatório, prejudicial, etc).

Tabela 1. Avaliação do uso das estratégias.

| Estratégias | Pontuação (marque com um ☑) | | | | |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | ☹ | ☹ | ☺ | ☺ | ☺ |
| ventilação natural | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ventilação artificial | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| iluminação natural | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| proteção solar da fachada Norte | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| proteção solar da fachada Leste | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| proteção solar da fachada Sul | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| proteção solar da fachada Oeste | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| massa térmica | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| aquecimento solar | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| resfriamento evaporativo | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ar condicionado | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2.2 Avaliação das áreas de aberturas

Essa abordagem apresenta as estratégias de abertura e sombreamento como diretrizes fundamentadas na NBR15220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003b). O aluno calcula as áreas de aberturas e estima o sombreamento (Tabela 2) segundo as

recomendações para Natal, localizada na Zona 8: sombrear aberturas e uso de grandes aberturas para ventilação (Tabela 3).

Tabela 2. Atendimento das recomendações estratégicas.




| Ambiente | Área relativa (%) | Sombreamento (marque com um <input checked="" type="checkbox"/>) | | |
|----------|-------------------|---|---|---|
| | |  |  |  |
| | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Tabela 3. Aberturas para ventilação.

| Aberturas para ventilação | A (em % da área de piso) |
|---------------------------|--------------------------|
| Pequenas | 10% < A < 15% |
| Médias | 15% < A < 25% |
| Grandes | A > 40% |

2.3 Avaliação das transmitâncias térmicas

O aluno dá prosseguimento ao uso da NBR15220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003b), o qual define os limites de transmitância térmica para fechamentos (Tabela 4). A metodologia de cálculo se baseia na NBR15220-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003a). Além da simplificação dos cálculos, como adoção de sistemas construtivos com características uniformes, estimula-se o uso das tabelas que apresentam os sistemas construtivos mais comuns.

Tabela 4. Transmitância térmica para cada tipo de vedação externa na zona 8 (região da cidade do Natal).

| Vedações externas | | Transmitância Térmica: U (W/m ² .K) |
|-------------------|----------------|--|
| Paredes | Leve Refletora | U ≤ 3,60 |
| Coberturas | Leve Refletora | U ≤ 2,30.FT |

2.4 Avaliação do conforto térmico do ambiente construído

O primeiro objetivo dessa abordagem é comparar as propriedades do ar internamente e externamente, para que o aluno perceba a influência da edificação e entorno na modificação do clima e a eficácia das estratégias bioclimáticas. O segundo objetivo é avaliar o conforto térmico segundo as teorias mais comuns. Aborda-se o modelo proposto por Givoni (1992), que deu origem à classificação bioclimática (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003b) e que está disponível em forma do software gratuito Analysis (LAMBERTS et al., 2003), Figura 1. Também é abordado o modelo adaptativo proposto por Auliciems e Szokolay (1997), Figura 2 e a zona de conforto identificada por Araújo (2001), Figura 2. O terceiro objetivo é que o aluno identifique algumas limitações dos modelos a partir da comparação com sua própria percepção de conforto térmico.

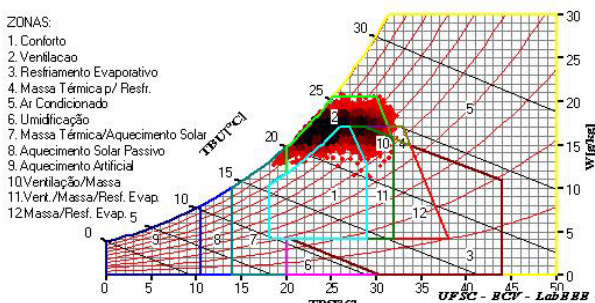


Figura 1. Representação para Natal (LAMBERTS et al., 2003).

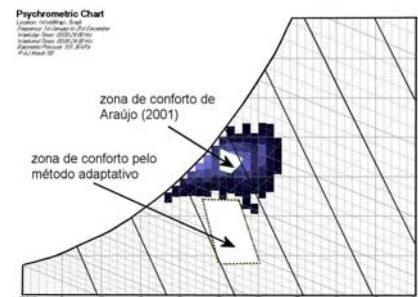







Figura 2. Avaliação climática pelo WeatherTool (MARSH, 2001b) e a zona de conforto de Araújo (2001).

As propriedades do ar e a sensação de conforto térmico do aluno são levantadas em campo através do preenchimento de uma planilha (Tabela 5). A temperatura de bulbo seco e a umidade relativa são medidas com um termo-higrômetro, enquanto que a sensação de conforto térmico se baseia na sensação do aluno.

Tabela 5. Avaliação do conforto.

| Ambiente | Hora | Temperatura (°C) | U. R. (%) | Sensação de conforto (☑) | | | | |
|----------|--------|------------------|-----------|---|--|---|--|--|
| | | | |  muito frio |  frio |  confortável |  quente |  muito quente |
| | __:__: | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| exterior | __:__: | | | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

2.5 Estimativa da ventilação natural

Essa abordagem visa estimar o uso da ventilação natural no ambiente construído. Como ventilação natural é uma das mais importantes estratégias bioclimáticas para o clima quente e úmido, é importante que o aluno ganhe percepção da influência das variáveis arquitetônicas sobre a ventilação. As medições empregam um anemômetro de ventoinha para medir as velocidades médias e direção do ar nas aberturas (Tabela 6). Dessa forma, é possível estimar a direção do vento no ambiente construído, a magnitude, a ocorrência de ventilação cruzada ou de áreas estagnadas.

Tabela 6. Medições de propriedades do ar e ventilação.




| ambiente | hora | velocidade de ar na abertura (☑) |
|----------|--------|---|
| | __:__: | _____ m/s <input type="checkbox"/> entrada <input type="checkbox"/> saída |
| | __:__: | _____ m/s <input type="checkbox"/> entrada <input type="checkbox"/> saída |

Orientação predominante do vento: _____° (azimute), medida no exterior.

2.6 Avaliação do paisagismo

A apreciação das variáveis do paisagismo foi desenvolvida em conjunto com a área de paisagismo e visa chamar a atenção do aluno para com o entorno (Tabela 7). Embora a ênfase seja na influência do paisagismo sobre o conforto ambiental, são considerados outros itens relativos à sustentabilidade.

Tabela 7. Avaliação qualitativa de paisagismo sustentável.

| Aspectos | Classificação (☑) | | |
|---|---|---|---|
| |  |  |  |
| proteção solar devido ao sombreamento externo | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| permeabilidade à ventilação | | | |
| escurecimento dos ambientes devido ao sombreamento | | | |
| permeabilidade do solo | | | |
| uso de plantas regionais | | | |
| segurança da edificação em relação ao sistema radicular | | | |
| privacidade | | | |
| uso de água | | | |
| cuidados de manutenção | | | |
| albedo médio (refletividade das superfícies) | _____ | | |

2.7 Análise da proteção solar das aberturas

O aluno é orientado a avaliar o desempenho de todas as aberturas através do método de máscara de sombras (OLGYAY, 1963). O estudo emprega a versão gratuita de demonstração do software SunTool (MARSH, 2001a). Seu uso é facilitado pela ótima interface gráfica e comandos interativos, que permitem que o aluno modele uma única abertura e o entorno em poucos minutos (Figura 3). Além disso, a saída gráfica tem a opção de identificar a fração de abertura que é sombreada (Figura 4).

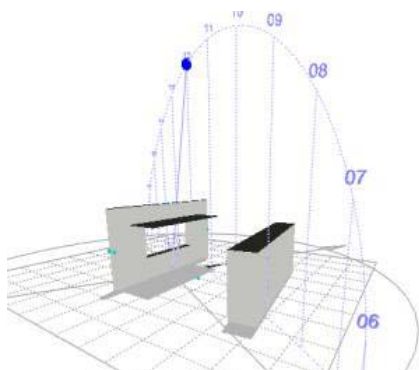


Figura 3. Modelagem no SunTool.

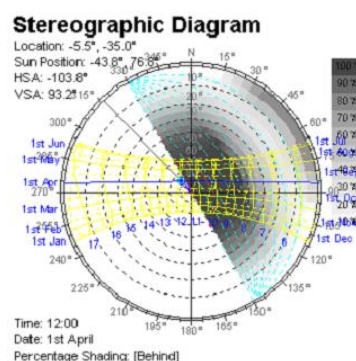


Figura 4. Máscara de sombras no SunTool.

2.8 Avaliação de conforto luminoso

Essa abordagem visa o levantamento da distribuição de luz natural para que o aluno ganhe percepção do fenômeno enquanto recebe os fundamentos durante a disciplina. O objetivo é despertar o seu senso crítico para com as recomendações projetuais disponíveis na literatura, pois é importante que se perceba as peculiaridades regionais, como a abundância de luz natural.

A abordagem começa com a análise de iluminância do plano de trabalho, segundo os valores mínimos regulamentados pela norma NBR – 5413 – “*Iluminância de interiores / Especificação*” (Figura 5), de acordo com as atividades exercidas. A avaliação da distribuição também emprega o fator de luz natural, razão entre a iluminância interna e a externa, e o CLD (Coeficientes de Luz Diurna), proporção de luz natural em relação ao exterior que atinge os pontos situados a 1,0 m da parede de fundo, oposta às aberturas (VIANNA e GONÇALVES, 2001). O aluno também avalia o fator de aproveitamento proposto para a Califórnia /EUA (O’CONNOR et al., 1997) que é resultado da multiplicação da fração de abertura da parede, do fator de transmissão de luz visível (0,89 para vidro simples) e do fator de obstrução (Figura 6). Segundo a literatura, se o fator de aproveitamento for maior ou igual a 0.25, há potencial de uso de iluminação natural, se for menor, é recomendável aumentar a área de abertura, a transparência do vidro e remover os obstáculos.

Recomenda-se que as medições sejam planejadas previamente, através da preparação de uma planilha que contemple os principais pontos de medição. Essa malha deve ser planejada para reproduzir a altura do plano de trabalho, as maiores variações de iluminância e as contribuições dos elementos arquitetônicos. As análises das medições são realizadas com a ajuda de uma planilha eletrônica, como o programa Microsoft Excel[®].

2.9 Orientações complementares

Os alunos foram estimulados a usar uma linguagem clara e objetiva e evitar o uso rebuscado da escrita. Os alunos também receberam orientação de uso de recursos do editor de texto (como auto indexação, uso automático de legendas e referência cruzada, dentro outros), e de recomendações da ABNT, para texto científico.

| FAIXA | ILUMINÂNCIA (lux) | TIPO DE ATIVIDADE |
|--|----------------------|--|
| A. Iluminação geral para áreas usadas intermittentemente ou com tarefas visuais simples | De 20 a 50 | Área públicas com arredores escuros |
| | De 50 a 100 | Orientação simples para permanência curta |
| | De 100 a 200 | Recintos não usados para trabalho contínuo, depósitos |
| B. Iluminação geral para área de trabalho | De 200 a 500 | Tarefas com requisitos visuais limitados, trabalho bruto de maquinaria, auditórios |
| | De 500 a 1.000 | Tarefa com requisitos visuais normais, trabalho médio de maquinaria, escritórios |
| | De 1.000 a 5.000 | Tarefas com requisitos especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas |
| C. Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis | De 2.000 a 5.000 | Tarefas visuais exatas e prolongadas, eletrônicas de tamanho pequeno |
| | De 5.000 a 10.000 | Tarefas visuais muito exatas, montagem de micro-eletrônica |
| | De 10.000 a 20.000 | Tarefas visuais muito especiais |

Figura 5. Valores mínimos de iluminância.

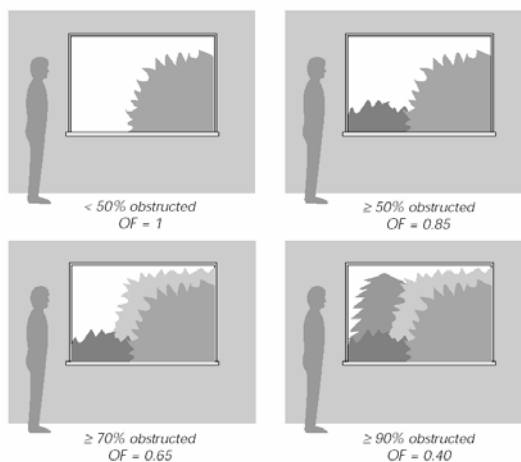


Figura 6. Fator de obstrução (OF)

Tabela 8. Recomendações de CLD (VIANNA e GONÇALVES, 2001).

| Orientação da abertura | Valor recomendado (%) |
|------------------------|-----------------------|
| N, W e NW | > 1,4 |
| NE | > 1,3 |
| E, SE, SW | > 1,5 |
| S | > 1,6 |

3. RESULTADOS

Essa metodologia foi usada durante apenas dois semestres (2004/1 e 2004/2) e foi submetida à aproximadamente 40 alunos, sendo que cada estudo foi desenvolvido em grupos de três ou quatro alunos. O primeiro semestre teve como área de estudo a cidade de Nísia Floresta, cidade próxima à Natal. O segundo semestre teve o bairro histórico de Cidade Alta, em Natal, como tema.

A redação do trabalho foi baseado num modelo e por isso todos apresentaram a mesma estrutura similar. Os alunos tiveram dificuldades para se adaptar à redação técnica, ainda que tenham se mostrado receptivos à mudança. Muitos argumentam que o uso rebuscado da linguagem é valorizado por muitos docentes.

Surpreendentemente, a maioria dos alunos ignoravam os recursos de programas como editor de texto e planilha eletrônica. É necessário que se atente para a formação complementar do aluno, nas mais variadas áreas.

Inicialmente, os alunos relutaram em documentar suas críticas por receio de repreensão, ainda que tenham sido estimulados a fazê-las. A tendência geral foi a apresentação de textos bajulativos e sem conteúdo, como “... o método foi de fundamental importância para o entendimento ...”. As críticas somente apareceram através das discussões e provocações durante as orientações dos trabalhos.

3.1 Avaliação intuitiva das estratégias de conforto ambiental

A avaliação intuitiva cumpre a função de aproximar o aluno do tema, de forma suave. A atribuição dos valores às estratégias se mostrou útil para que o aluno redigisse um texto estruturado e lógico. Geralmente os alunos se precipitam em suas conclusões, as quais deveriam resultar de outras abordagens mais detalhadas. Constata-se que a conscientização de

suas limitações ocorre naturalmente, à medida que descobrem suas deficiências para interpretar os resultados.

3.2 Avaliação das áreas de aberturas

Embora as recomendações de grandes aberturas, ventiladas e sombreadas sejam comuns durante todo o curso, como a lúdica publicação “Roteiro para construir no Nordeste” (HOLANDA, 1976), o aspecto normativo faz com que essas estratégias sejam tratadas com maior seriedade.

3.3 Avaliação das transmitâncias térmicas

O método de cálculo de transmitância térmica não se mostrou popular entre os alunos de arquitetura. Ainda que os alunos tenham usado o método anteriormente, todos necessitaram de reforço. Os alunos se mostraram mais receptivos à medida que vislumbraram as possibilidades de simplificações dos cálculos e quando perceberam que poderiam fazer uso de valores já calculados, disponíveis na NBR15220-3 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003b). Para que a abordagem tivesse mais sucesso, recomenda-se que esse tipo de abordagem contemple:

- discussão das incertezas associadas ao método: o aluno tende a perder muito tempo com o levantamento meticuloso da geometria, enquanto ignora a incerteza associada ao valor de condutividade térmica atribuída ao material, que varia segundo várias características, como densidade e conteúdo de umidade;
- entendimento básico do processo de transferência de calor e de massa, com troca de fase em meios porosos: esse fato é importante para que haja discernimento na análise de materiais porosos, como telhas cerâmicas;
- visualização do método: poderia ser desenvolvido uma ferramenta computacional com possibilidade de entrada da geometria do fechamento e com saídas gráficas à exemplo do programa Opaque (BAPAT, 1997);

Apesar das limitações didáticas, o método foi bem recebido mesmo por alunos que não haviam demonstrado interesse pelo assunto, em ocasiões prévias. Como várias das edificações analisadas tinham cobertura de telha de barro sem forro, todos apontaram que o cálculo de transmitância térmica estaria superestimando a transferência de calor em relação à realidade, pois a percepção em campo sempre apontou para um desempenho térmico melhor do que outras coberturas impermeáveis com menor transmitância térmica.

3.4 Avaliação do conforto térmico do ambiente construído

A determinação da zona de conforto é reconhecidamente polêmica: a publicação do número especial do periódico Energy and Buildings sobre conforto térmico (NICOL e PARSONS, 2002) atesta que a resposta humana ao clima tropical ainda não é clara. O aluno facilmente identifica que o intervalo de temperatura e umidade proposto por Givoni ou pelo modelo adaptativo não correspondem à sua percepção e por isso a proposta de Araújo (2001) se torna mais aceitável. Esse momento é oportuno para que o aluno visualize outras aplicações da carta psicrométrica. De fato, a experiência com alunos e professores de conforto tem mostrado que há muitos usuários que não dominam essas ferramentas, mas fazem uso do software Analysis. Logo, é importante que os alunos tenham o conhecimento de fundamentos de psicrometria. Quanto às análises mais frequentes, destacam-se:

- Representatividade do período de medição. As propriedades do ar no exterior são comparadas com o ano climático típico para avaliar sua frequência. Por exemplo, todas as três medições das Figura 7, Figura 8 e Figura 9 foram realizadas em situações menos frequentes, pois estão na periferia da nuvem de pontos que representa as 8.760 horas do

ano. A Figura 10 representa um período de medições em que as propriedades do ar ocorre com mais frequência.

- Propriedades psicrométricas do ar no ambiente construído. O aluno representa graficamente cada ambiente visitado e compara com as propriedades do exterior (Figura 7, Figura 8 e Figura 9).
- Discussões sobre as estratégias bioclimáticas. Como o aluno vem ganhando entendimento da resposta da edificação com as sucessivas abordagens, ele está apto a discutir a interferência da edificação e do entorno na mudança (ou não) do clima externo para o interno. Por exemplo, a Figura 7 e a Figura 8 correspondem a uma casa bem ventilada e protegida da radiação solar e por isso as propriedades do ar são praticamente as mesmas. A Figura 9 tem características opostas, pois o clima interno é diferente do externo: é uma casa com pouca ventilação, baixa transmitância térmica e alta inércia térmica.
- Conforto térmico. O conforto térmico predito pelo método adaptativo e o de Araújo (2001), Figura 10, é comparado com a sensação reportada pelo aluno. Essa análise é estimulante para gerar debates e críticas, e importante para ilustrar os cuidados que devem ser tomados ao adotar um critério de análise.

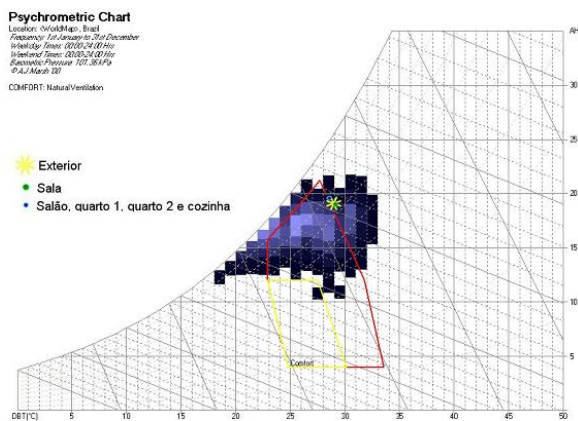


Figura 7. Análise de uma edificação ventilada durante um dia quente e úmido.

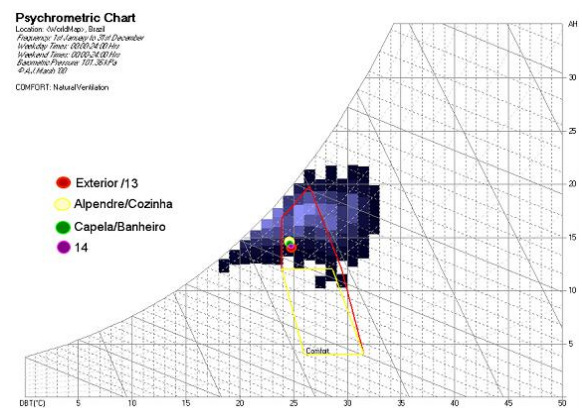


Figura 8. Análise de uma edificação ventilada durante um dia ameno

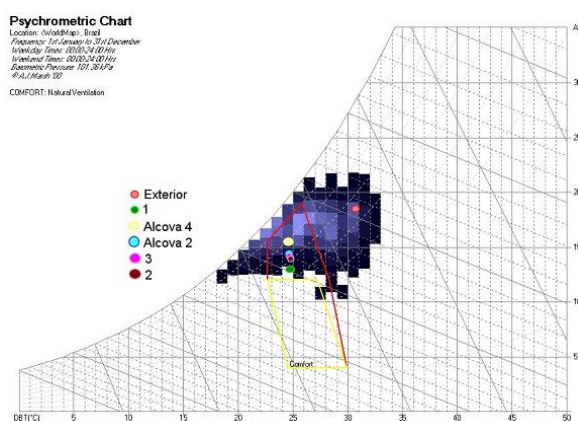


Figura 9. Análise de uma edificação com efeito predominante de inércia térmica.

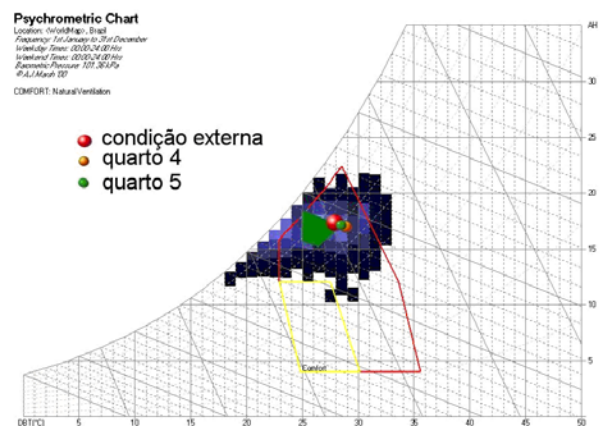


Figura 10. Comparação da zona de conforto proposta pelo método adaptativo e o de ARAÚJO (2001).

3.5 Estimativa da ventilação natural

A proposta inicial foi concebida para que o aluno identificasse as aberturas mais importantes na ventilação de uma edificação, a exemplo da Figura 11. Observa-se que todas as aberturas funcionam como entradas de ar, principalmente para as voltadas para o Nordeste e Sudeste. Ainda que não representado, a saída do ar ocorre pelo telhado.

3.6 Avaliação do paisagismo

A intenção principal sempre foi atingida, que é a de enfatizar a presença e a qualidade da paisagem (Figura 12). Em alguns casos, o levantamento também proporcionou outras análises mais detalhadas, como a modelagem simplificada da geometria (Figura 13) e análise da máscara de sombras de elementos da edificação (Figura 14).

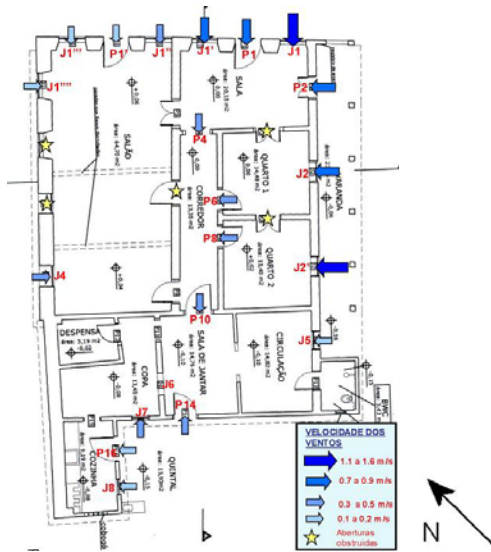


Figura 11. Diagrama de ventilação predominante nas aberturas.

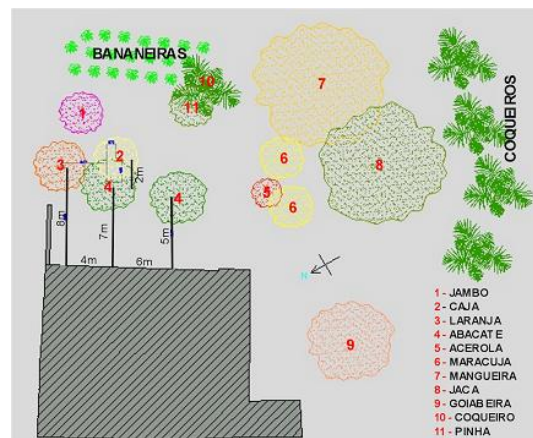


Figura 12. Representação do entorno.

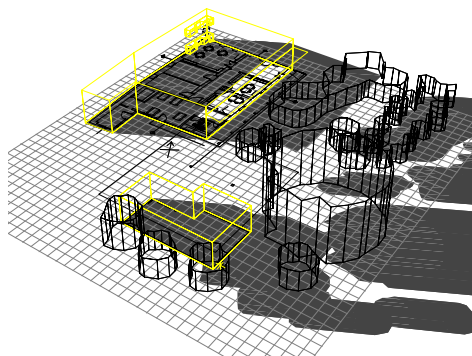


Figura 13. Modelagem do entorno.

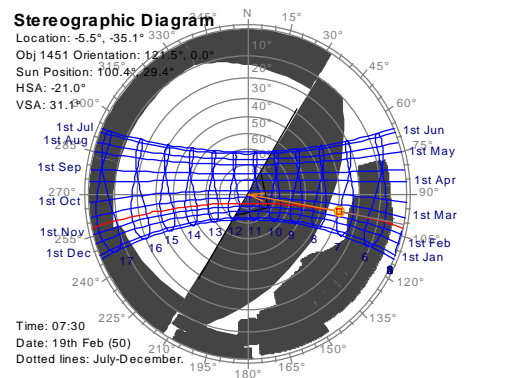


Figura 14. Análise da máscara de sombra de um elemento do pátio.

3.7 Análise da proteção solar das aberturas

O domínio do método de análise de máscara de sombras é especialmente importante para os projetistas locais, devido à latitude e ao clima. Por isso, todos os alunos receberam treinamento em sala de aula e laboratório. Todos tiveram que demonstrar entendimento pleno da ferramenta Sun Tool. Como o processo é rápido, é possível fazer esse acompanhamento

pessoalmente. Foi possível constatar que todos os alunos foram receptivos ao uso da ferramenta, sendo que muitos deles a adotaram em sua prática.



Figura 15. Exemplo real de análise.

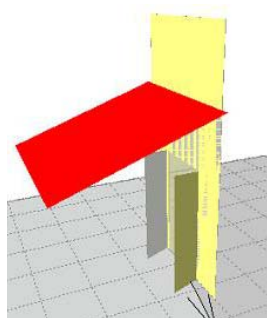


Figura 16. Modelagem da abertura.

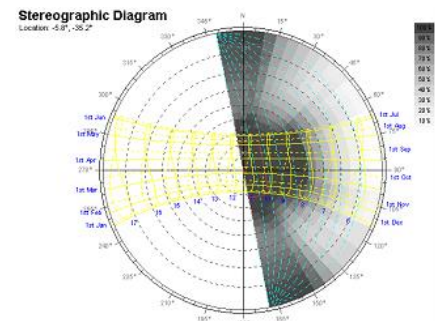


Figura 17. Máscara de sombra da abertura.

3.8 Avaliação de conforto luminoso

Os resultados demonstraram que todos os alunos são receptivos a medições e análise mais detalhadas, de caráter quantitativo. Comprovadamente é a abordagem que demanda maior atenção e tempo, e que apresenta os resultados mais variados. A estrutura básica consistiu de apresentação detalhada das medições (Figura 18), avaliação da iluminância (Figura 19) e do fator de luz natural (Figura 20).

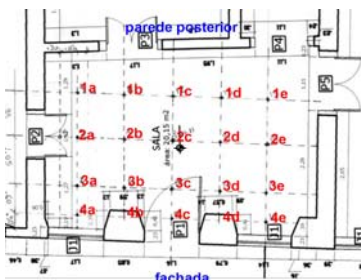


Figura 18. Exemplo real de análise.

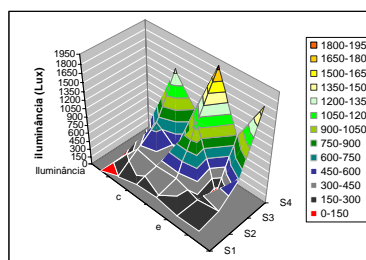


Figura 19. Distribuição dos níveis de iluminância no plano de trabalho.

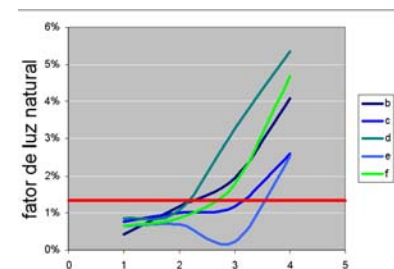


Figura 20. Visualização do perfil do decaimento do fator de luz natural.

De um modo geral, os alunos evidenciaram que os métodos da bibliografia subestimam a disponibilidade da luz natural em Natal. As medições sempre apontaram para a abundância da luz e, frequentemente, com distribuição irregular. Os resultados não surpreendem, pois as principais referências bibliográficas foram desenvolvidas para condições de céu diferentes.

4. CONCLUSÕES

A recepção dos alunos tem sido estimulante para o contínuo desenvolvimento dessas abordagens e o desenvolvimento de outras. A produção dos módulos exige dedicação e atualização, que pode ser beneficiada pelas atividades do programa de pós-graduação. Por exemplo, alguns tópicos de revisão bibliográfica de mestrandos estão sendo adicionadas e há uma grande expectativa que metodologias de análises mais apropriadas sejam desenvolvidas em breve. A criação e reestruturação de laboratórios de conforto ambiental também é uma grande oportunidade para incentivar a integração dos módulos com os equipamentos.

Em geral, a aplicação do método tem melhorado o entendimento da matéria, as análises têm subsidiado decisões arquitetônicas tomadas nas outras disciplinas do semestre, e há uma integração entre as disciplinas.

Os alunos têm se mostrado receptivos aos métodos quantitativos. Os sinais de desinteresse sempre estiveram associados à falta de entendimento, gerado por fatores como falta de conhecimento de fenômenos físicos e falta de compreensão da importância das abordagens. Por exemplo, o cálculo da resistência térmica não seduz o aluno enquanto ele não entender as suas conseqüências. Por outro lado, o cálculo dos índices de iluminação ocorreu naturalmente, pois os alunos estavam familiarizados com o assunto devido às várias medições de campo.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, V. M. D. Parâmetros de conforto térmico para usuários de edificações escolares o litoral nordestino brasileiro (o caso de Natal/RN). Natal: EDUFRN, v.1. 2001. 138 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15220-2. Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT: 7 p. 2003a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15220-3. Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT: 7 p. 2003b.
- AULICIEMS, A. e SZOKOLAY, S. V. Thermal comfort. Brisbane, Qld.: PLEA: Passive and Low Energy Architecture International in association with Department of Architecture The University of Queensland. 1997. 64 p. (PLEA notes; note 3.)
- BAPAT, A. Opaque: Robin Ligget, Murray Milne 1997.
- GIVONI, B. Comfort Climate Analysis and Building Design Guidelines. Energy and Buildings, v.18, n.1, p.11-23. 1992.
- HOLANDA, A. D. Roteiro para construir no Nordeste. Recife: UFPE. 1976. 48 p. (Estudos Urbanológicos)
- LAMBERTS, R., SCHUCH, M., et al. Analysis Bio. Florianópolis, SC 2003.
- MARSH, A. SUNTOOL v1.10 - Window Shading and Overshadowing. Perth (Australia) 2001a.
- MARSH, A. WEATOOL, The Weather Tool: Climatic Visualisation and Design Analysis. Perth, Australia 2001b.
- NICOL, F. e PARSONS, K. Special issue on thermal comfort standards. Energy and Buildings, v.34, n.6, JUL, p.529-532. 2002.
- O'CONNOR, J., LEE, E., et al. Tips for daylighting with windows - The integrated approach. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. Berkeley, p.107. 1997
- OLGYAY, V. Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton, N.J.: Princeton University Press. 1963. 190p p.
- VIANNA, N. S. e GONÇALVES, J. C. S. Iluminação e Arquitetura. São Paulo: Virtus s/c Ltda. 2001

6. AGRADECIMENTOS

Aos alunos que cursaram a disciplina Conforto 3 durante 2004, e aos seus professores.

Muitas dessas abordagens não teriam sido possíveis sem o apoio da Eletrobrás e de seus profissionais, especialmente a engenheira Patrícia Zofoli Dorna e a arquiteta Viviane Gomes Almeida.