



EXPERIMENTO DIDÁTICO PARA COMPREENSÃO DE FENÔMENOS FÍSICOS ENVOLVIDOS NO DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES – TROCAS TÉRMICAS ATRAVÉS DE VIDROS

Rafael Prado Cartana (1); João Luiz Pacheco (2)

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Ceciesa.com – Universidade do Vale do Itajaí
Univali, Brasil – e-mail: cartana@univali.br

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Ceciesa.com – Universidade do Vale do Itajaí
Univali, Brasil – e-mail: joaopacheco@univali.br

RESUMO

A incorporação no processo de projeto de estratégias visando melhorias no desempenho térmico das edificações está diretamente ligada à compreensão, por parte dos projetistas, dos fenômenos físicos aos quais a edificação estará sujeita depois de construída. Como um dos resultados da pesquisa de dissertação de mestrado (Posarq–UFSC) Oportunidades e limitações para bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico - Estudo de caso em Florianópolis (CARTANA – 2006), foi evidenciado que os projetistas apresentam dificuldade para lidar com alguns fenômenos físicos envolvidos no desempenho das edificações, principalmente os que apresentam maior dificuldade para ser exemplificados visualmente, como: trocas térmicas e propriedades térmicas dos elementos construtivos. Em virtude deste diagnóstico, este trabalho tem como objetivo principal apresentar um experimento realizado na disciplina de Conforto Térmico do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) e seus resultados sobre o aprendizado dos alunos. Este experimento foi elaborado utilizando materiais e equipamentos de uso cotidiano ao alcance para laboratórios de quaisquer intuições de ensino, podendo assim ser replicado em demais disciplinas de conforto ambiental. Uma vez que os fenômenos físicos em questão passam a ser visualmente comprehensíveis através do experimento, o resultado obtido foi maior e interesse por parte dos alunos. Esta aceitação pode ser comprovada através de uma pesquisa de opinião realizada com os mesmos.

Palavras-chave: conforto térmico; ensino; experimento.

1 INTRODUÇÃO

1.1 O processo de projeto e a consideração sobre fenômenos físicos relativos ao desempenho ambiental das edificações

A falta de compreensão e a conseqüente desconsideração dos fenômenos físicos envolvidos no desempenho ambiental das edificações apresenta-se como uma barreira a ser transposta primeiramente no meio acadêmico e posteriormente no mercado da construção civil nacional. Caso estes fenômenos fossem considerados mais efetivamente as edificações conseqüentemente responderiam melhor aos condicionantes climáticos de cada localidade, reduzindo assim o seu impacto ambiental.

THOMAZ (2001) menciona que os grandes problemas das construções brasileiras resultam de uma grande conjugação de fatores como: falta de investimentos, insuficiente estímulo a pesquisas multidisciplinares, dificuldades na produção e efetiva aplicação na normalização técnica brasileira, impunidade, visão distorcida de alguns empreendedores, péssima remuneração dos profissionais de projeto, obsoletismo de alguns cursos de arquitetura e ensino compartimentado. Para ele, a análise cuidadosa das causas revela que muitos problemas constatados nas nossas construções poderiam ter sido evitados com a adoção de conhecimentos já consagrados da físico-química, revelando-se à vezes diferenças pronunciadas entre a concepção dos projetos e o funcionamento real das obras, entre o desempenho almejado e a resposta em serviço da edificação.

SZOKOLAY (1994) afirma que o papel da ciência na arquitetura vem se tornando cada vez mais pálido, a construtividade e o desempenho apresentam-se muitas vezes irrelevantes em detrimento de questões que pouco tem a ver com o propósito da edificação. Segundo Szokolay, por diversas vezes na concepção de projetos arquitetônicos critérios puramente estéticos sobrepujam razões científicas. Como recomendação Szokolay defende que: os assuntos científicos implícitos no desenvolvimento da arquitetura devem ser trazidos de forma amigável para dentro do ateliê, e os projetos desenvolvidos podem servir como veículos de aprendizado destes temas.

A seguir são apresentadas algumas conclusões obtidas na dissertação de mestrado (Posarq-UFSC) Oportunidades e limitações para bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico - Estudo de caso em Florianópolis (CARTANA – 2006), que reforçam as afirmações acima e demonstram que o emprego de experimentos nas disciplinas de conforto ambiental é importante para aproximar os projetistas dos fenômenos físicos aos quais suas edificações estarão sujeitas.

1.2 Dados levantados pelo trabalho: Oportunidades e limitações para bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico - Estudo de caso em Florianópolis

Os dados apresentados a seguir forma obtidos como parte das conclusões de um estudo desenvolvido em 2006 na dissertação de mestrado: Oportunidades e limitações para bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico - Estudo de caso em Florianópolis. Onde o principal objetivou foi avaliar quais as principais limitações encontradas na incorporação de estratégias bioclimáticas no processo de projeto.

A metodologia empregada foi a pesquisa de campo, que procurou através da análise das metodologias empregadas, tanto no ensino, quanto na produção do projeto arquitetônico, quantificar o nível de importância atribuído as questões de conforto ambiental, além de caracterizar as abordagens metodológicas em relação ao emprego da arquitetura bioclimática desde a formação do arquiteto até sua atuação profissional.

No intuito de obter dados sobre o problema de pesquisa de uma forma geral, tanto no meio acadêmico, quanto no mercado de trabalho, foram escolhidos cinco grupos para serem submetidos à pesquisa: (1) estudantes de arquitetura (graduação), (2) estudantes de arquitetura (pós-graduação), (3) professores da área de projeto ou que orientam trabalhos de TCC, (4) arquitetos titulares dos principais escritórios de

Florianópolis e (5) arquitetos autônomos atuantes no mercado local.

1.2.1 Emprego de ferramentas de avaliação bioclimática

Entre outras questões foi perguntado: se os entrevistados utilizam ferramentas de avaliação bioclimática para apoio às decisões de projeto, e quais ferramentas são consideradas mais importantes no desenvolvimento dos projetos.

Como resposta, em média 76,2% dos entrevistados afirmou utilizar algum tipo de ferramenta de avaliação, enquanto 23,8% afirmou que não utiliza nenhuma das ferramentas relacionadas. Entre os grupos entrevistados, o que atribuiu maior importância para o uso de tais ferramentas foram os estudantes de pós-graduação (91% sim, 9% não), já os grupos que menor importância atribuíram, foram os arquitetos, tanto autônomos, como titulares.

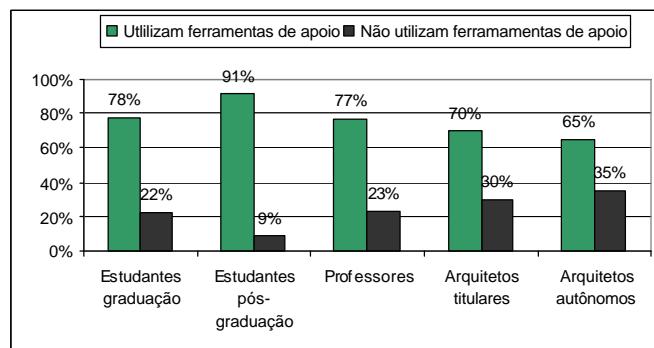
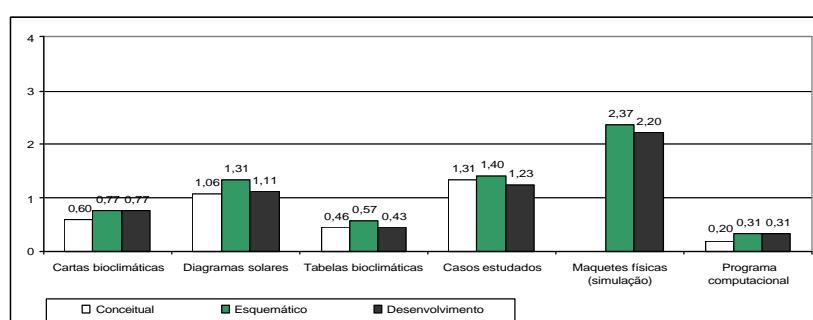


Gráfico 1 - Ferramentas de avaliação bioclimática para apoio às decisões de projeto - gráfico comparativo entre os grupos entrevistados.

Apesar de afirmarem que costumam utilizar ferramentas para avaliação bioclimática todos os grupos entrevistados atribuem pouca importância à utilização das mesmas (figura 2), onde pode-se verificar que não houve nenhum item com importância média atribuída acima de 3 (em uma escala de 1 à 4).

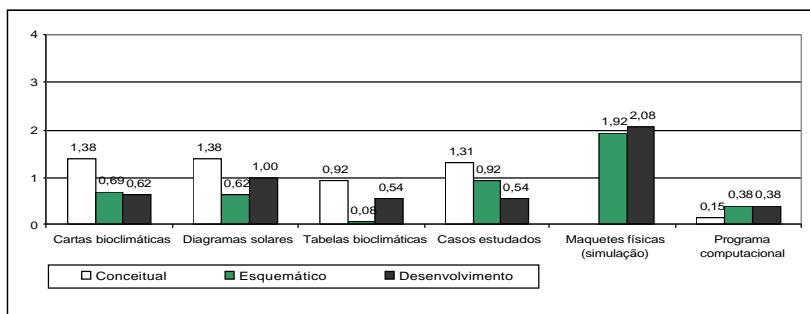
Relativamente a qual das ferramentas apresentadas na pesquisa é considerada mais importante, o emprego de maquetes físicas lidera a preferência dos entrevistados.

Grupo entrevistado: estudantes graduação



Obs. Unidade eixo y - Nível de Importância Atribuído

Grupo entrevistado: professores



Obs. Unidade eixo y - Nível de Importância Atribuído

Gráfico 2 - Ferramentas de avaliação bioclimática para apoio às decisões de projeto – gráfico comparativo entre as ferramentas utilizadas em relação aos estágios de desenvolvimento do projeto.

Como observação cabe salientar que em seguida dos arquitetos autônomos, os professores são o grupo que atribui menor importância em média para emprego de ferramentas de avaliação bioclimática, eles atribuem menor importância inclusive do que os estudantes de graduação (seus próprios alunos), o que denota que durante a graduação, no desenvolvimento dos projetos, eventualmente os estudantes apresentam-se mais comprometidos com as questões de conforto do que os próprios professores de projeto.

A tabela abaixo indica o comportamento dos integrantes dos grupos entrevistados em relação à importância atribuída às ferramentas de avaliação bioclimática, de acordo com o estágio do desenvolvimento do projeto, no caso o estágio apresentado é o esquemático (desde o lançamento do projeto até a apresentação do estudo preliminar).

Tabela 1 - Importância atribuída às ferramentas de avaliação bioclimática – Estágio esquemático.

	Estudantes Graduação	Estudantes Pós-graduação	Professores	Arquitetos Titulares	Arquitetos Autônomos
1	Maquetes físicas para simulação	Maquetes físicas para simulação	Maquetes físicas para simulação	Diagramas solares	Maquetes físicas para simulação
2	Casos estudados	Casos estudados	Casos estudados	Cartas bioclimáticas	Casos estudados
3	Diagramas solares	Programa computacional	Cartas bioclimáticas	Casos estudados	Cartas bioclimáticas
4	Cartas bioclimáticas	Diagramas solares	Diagramas solares	Tabelas bioclimáticas	Diagramas solares
5	Tabelas bioclimáticas	Cartas bioclimáticas	Programa computacional	Programa computacional	Programa computacional
6	Programa computacional	Tabelas bioclimáticas	Tabelas bioclimáticas	Maquetes físicas para simulação	Tabelas bioclimáticas

Reforçando os dados apresentados no gráfico 2, a tabela 1 demonstra que: a utilização de maquetes físicas para simulação é considerada como a ferramenta de maior importância entre as opções relacionadas, exceto para os arquitetos titulares, onde as maquetes físicas não são utilizadas no processo de desenvolvimento dos projetos, mas sim como apresentação final do produto.

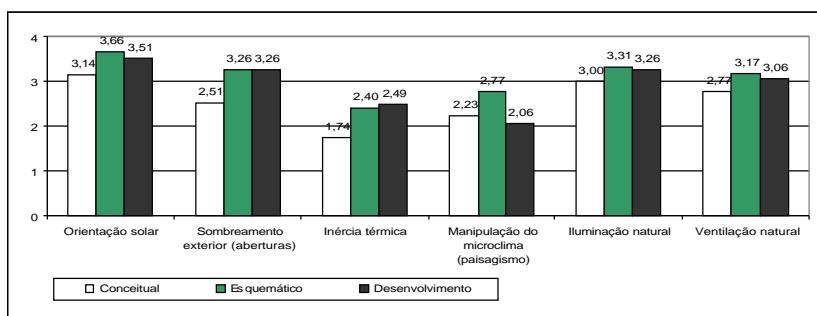
1.2.2 Emprego de estratégias bioclimáticas

Em relação ao emprego de estratégias bioclimáticas, os integrantes dos grupos entrevistados consideram em media a orientação solar e iluminação natural como as estratégias mais importantes em todas as etapas de desenvolvimento do projeto.

Comparativamente ao item anterior (1.2.2), os entrevistados atribuem um nível de importância maior em média para as estratégias bioclimáticas do que para as ferramentas de avaliação. Enquanto as estratégias apresentam um valor médio de importância atribuída na ordem de 2,97 (em uma escala de 0 a 4), as ferramentas apresentam um valor médio de 1,00, o que vem a evidenciar que os entrevistados procuram integrar diretrizes de conforto aos seus projetos, porém acabam por fazer isto de maneira intuitiva, já que as ferramentas de apoio são pouco utilizadas. Conseqüentemente o conhecimento e

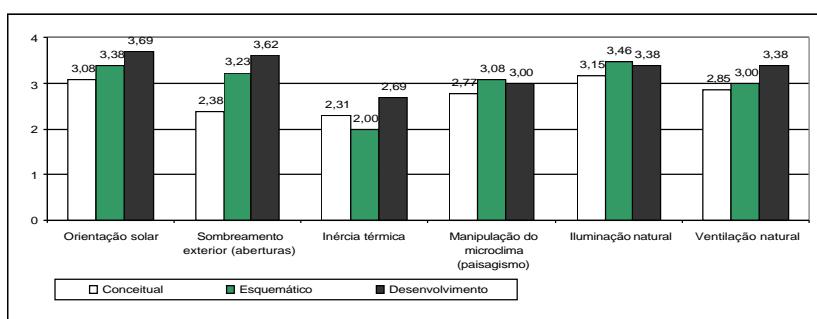
compreensão dos fenômenos físicos relacionados ao desempenho ambiental das edificações é imprescindível, pois os arquitetos ao projetarem fundamentalmente se amparam em intuição, conhecimentos prévios e experiência profissional.

Grupo entrevistado: estudantes graduação



Obs. Unidade eixo y - Nível de Importância Atribuído

Grupo entrevistado: professores



Obs. Unidade eixo y - Nível de Importância Atribuído

Gráfico 3. Estratégias bioclimáticas – gráfico comparativo entre as estratégias empregadas em relação aos estágios de desenvolvimento.

Assim como no item anterior, a tabela abaixo indica o comportamento dos integrantes dos grupos entrevistados em relação à importância atribuída às estratégias bioclimáticas, de acordo com o estágio do desenvolvimento do projeto, no caso o estágio apresentado é o esquemático (desde o lançamento do projeto até a apresentação do estudo preliminar).

Tabela 2 - Importância atribuída às estratégias bioclimáticas – Estágio esquemático.

	Estudantes Graduação	Estudantes Pós-graduação	Professores	Arquitetos Titulares	Arquitetos Autônomos
1	Orientação solar	Orientação solar	Iluminação natural	Iluminação natural	Iluminação natural
2	Iluminação natural	Sombreamento exterior	Orientação solar	Ventilação natural	Ventilação natural
3	Sombreamento exterior	Ventilação natural	Sombreamento exterior	Orientação solar	Orientação solar
4	Ventilação natural	Iluminação natural	Ventilação natural	Sombreamento exterior	Sombreamento exterior
5	Microclima paisagismo	Inércia térmica	Microclima paisagismo	Microclima paisagismo	Microclima paisagismo
6	Inércia térmica	Microclima paisagismo	Inércia térmica	Inércia térmica	Inércia térmica

O emprego da inércia térmica é considerada, em média, como a estratégia de menor importância por todos os grupos pesquisados. O que induz à afirmação que os arquitetos apresentam mais facilidade para lidar com fenômenos que possam ser visualizados de forma gráfica no projeto, como os efeitos da insolação e ventos. Já em relação a fenômenos que envolvem conceitos físicos de limitada visualização gráfica, como as propriedades dos componentes do envelope construtivo, os arquitetos

apresentam maior dificuldade de compreensão e consequentemente passam a atribuir menor importância.

1.2.3 Considerações a respeito da pesquisa apresentada

Através dos dados levantados, pode-se concluir que uma vez que os estudantes apresentam mais facilidade para compreensão dos fenômenos de maneira visual. A elaboração de experimentos que permitam a visualização dos fenômenos físicos envolvidos no desempenho das edificações apresenta-se como uma oportunidade para a valorização de estratégias de bioclimáticas na elaboração dos projetos.

Além da elaboração de exemplos que permitam a visualização dos fenômenos físicos envolvidos no desempenho das edificações, o domínio de tais fenômenos por parte dos professores de projeto apresenta-se muito importante, pois através da compreensão dos fenômenos, os professores podem identificar e orientar os alunos no que se refere às potencialidades e limitações decorrentes das questões de conforto no desenvolvimento dos projetos no ateliê.

2 OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo principal apresentar um experimento realizado na disciplina de Conforto Térmico do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) e seus resultados sobre o aprendizado dos alunos.

3 METODOLOGIA

3.1 Pesquisa de campo: alunos graduação, curso de Arquitetura e Urbanismo - UNIVALI

Para elaboração das conclusões apresentadas neste artigo, foi aplicada uma pesquisa de campo entre os alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIAVLI que estão cursando a disciplina de conforto térmico. O questionário aplicado apresentou as três questões abaixo:

Tabela 2 – Questionário aplicado aos estudantes

1. Atribua uma nota (de 1 a 4) para as seguintes metodologias de ensino na disciplina de conforto ambiental:

Aulas teóricas	1	2	3	4
Pesquisa extra classe	1	2	3	4
Apresentação de estudos de caso (exemplos de projetos)	1	2	3	4
Experimentos relacionados com o desempenho das edificações	1	2	3	4
Apresentação de vídeos	1	2	3	4

2. Responda a questão abaixo em relação ao experimento de trocas térmicas através de vidros.

1	O experimento realizado não colaborou com minha compreensão dos fenômenos físicos envolvidos nas trocas térmicas através de vidros.
2	O experimento realizado colaborou pouco com minha compreensão dos fenômenos físicos envolvidos nas trocas térmicas através de vidros.
3	O experimento realizado auxiliou na minha compreensão dos fenômenos físicos envolvidos nas trocas térmicas através de vidros.
4	O experimento realizado foi muito esclarecedor para minha compreensão dos fenômenos físicos envolvidos nas trocas térmicas através de vidros.

3. Atribua um nível de importância de 1 a 4 para **realização de experimentos** nas aulas de conforto térmico:

1	2	3	4
---	---	---	---

3.2 Apresentação experimento

O experimento tem como objetivo demonstrar de forma prática o comportamento das ondas longas e das ondas curtas sobre o vidro, e, como consequência, uma melhor compreensão do efeito estufa.

São utilizados um vidro transparente comum de 3mm, uma estufa elétrica com resistência incandescente, uma lâmpada incandescente, um sensor de radiação térmica de resposta rápida e um termômetro de contato.

O sensor de radiação térmica não tem que necessariamente reproduzir os valores medidos por um termômetro de globo, basta que este registre valores que sejam diretamente proporcionais as intensidades das radiações, pois o experimento está apoiado nas comparações relativas dos resultados. Logo, este equipamento pode ser apenas um sensor de temperatura que responda rapidamente à presença da radiação térmica.

A temperatura relativamente baixa do filamento incandescente na resistência elétrica da estufa permite que esta simule a emissão das ondas longas provenientes dos componentes construtivos das edificações. E, a lâmpada incandescente, por emitir luz de seu filamento que trabalha a alta temperatura, simula a radiação de ondas curtas, no caso o sol.

3.2.1 Etapa 1 do experimento: ondas longas

- Colocando a estufa apontada para o sensor de radiação térmica, e posicionando o vidro entre estes dois elementos, o aluno observa que enquanto o vidro está frio o sensor não registra a presença da radiação vinda da estufa, o que demonstra que as ondas longas não atravessam o vidro.
- Com o passar do tempo, de exposição à radiação da estufa, o vidro fica quente e o sensor de radiação térmica passa a registrar temperaturas maiores, o que demonstra o começo da re-irradiação por parte do vidro.
- O aumento da temperatura do vidro sentido pelo próprio toque da mão e através do termômetro de contato deixa claro para o aluno que as ondas longas são fortemente absorvidas pelo vidro.
- Mantendo a estufa apontada para o sensor de radiação térmica, e retirando o vidro que estava entre estes dois elementos o aluno percebe um forte aumento nos valores registrados pelo sensor de radiação. De outro modo, o aluno, ao posicionar o vidro entre sua mão e a estufa, percebe a interrupção do fluxo de calor. Percebe pela sensação térmica, através da pele, que o vidro está sendo usado como uma barreira (um escudo) de proteção para a radiação de ondas longas proveniente da estufa.



Figura 1. Experimento montado na etapa 1 – ondas longas (estufa).

3.2.2 Etapa 2 do experimento: ondas curtas

- Direcionando o facho de luz da lâmpada incandescente para o sensor de radiação térmica, e posicionando o vidro entre estes dois elementos, o aluno observa que, mesmo com o vidro frio, o sensor já registra com grande intensidade a presença da radiação térmica vinda da lâmpada, o que demonstra que as ondas curtas atravessam o vidro com muita facilidade.

- A temperatura do vidro, com o passar do tempo de exposição à luz, fica levemente mais alta, e o sensor de radiação térmica passa a registrar temperaturas levemente maiores, o que demonstra uma pequena re-irradiação por parte do vidro.
- O pequeno aumento da temperatura do vidro sentido, com o passar do tempo, pelo próprio toque da mão e através do termômetro de contato, deixa claro para o aluno que o vidro absorve pouco as ondas curtas.
- Mantendo a luz da lâmpada apontada para o sensor de radiação térmica, e retirando o vidro que estava entre estes dois elementos, o aluno percebe um aumento pequeno nos valores registrados pelo sensor de radiação. De outro modo, ao posicionar o vidro entre sua mão e o fluxo de luz da lâmpada, o aluno pode perceber pela sensação térmica, através da pele, que o vidro, não interrompe o fluxo de calor e não atua como uma barreira para a radiação de ondas curtas.



Figura 2. Experimento montado na etapa 2 – ondas curtas (lâmpada).

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Pesquisa de campo: alunos graduação, curso de Arquitetura e Urbanismo - UNIVALI

Na pesquisa de campo foram aplicados 26 (vinte e seis) questionários distribuídos em sala de aula entre os alunos do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIAVLI que estão cursando a disciplina de conforto térmico. Como resultados foram obtidos os seguintes dados:

4.1 Importância atribuída a diferentes metodologias de ensino nas aulas de conforto ambiental

Dentre as metodologias apresentadas, os entrevistados atribuíram maior importância a realização de experimentos relacionados com o desempenho das edificações. Em uma escala de 0 a 4, foi atribuído um nível de importância de 3,81. As aulas teóricas e a apresentação de estudos de caso com exemplos de projetos tiveram nível de importância atribuído de 3,54 aparecendo em segundo lugar na opinião dos entrevistados.

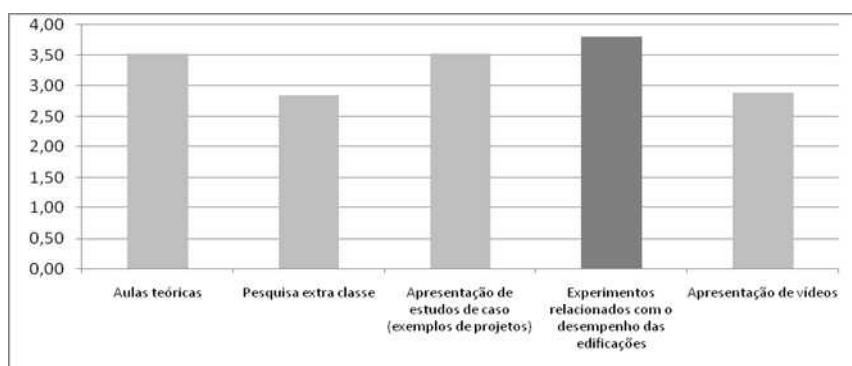


Gráfico 4. – Comparativo entre os níveis de importância atribuídos às metodologias de ensino na disciplina de conforto térmico do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIAVLI

4.2 Avaliação do experimento sobre trocas térmicas através de vidros

Os entrevistados consideraram em sua maioria (84,62%) que o experimento realizado foi muito esclarecedor em relação à compreensão dos fenômenos físicos envolvidos nas trocas térmicas através dos vidros, 15,48% consideraram que o experimento apenas auxiliou na compreensão. Nenhum entrevistado considerou que o experimento colaborou pouco ou não colaborou com a compreensão dos fenômenos envolvidos no experimento.

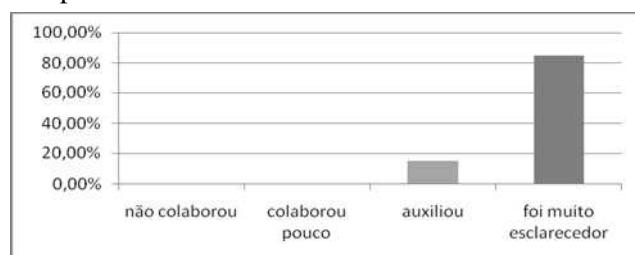


Gráfico 5 – avaliação da compreensão do experimento sobre trocas térmicas através de vidros apresentado na disciplina de conforto térmico do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIAVLI

4.3 Nível de importância atribuído para realização de experimentos nas aulas de conforto térmico:

Em relação à realização de experimentos nas aulas de conforto térmico os entrevistados, atribuíram um nível de importância de **3,96** em uma escala de 0 a 4. Mesmo sem terem sido solicitados, alguns entrevistados fizeram comentários por escrito no rodapé da pesquisa solicitando que sejam realizados mais experimentos porque os mesmos ajudam na compreensão de fenômenos que para eles parecem por vezes um tanto abstratos.

5 CONCLUSÕES

O estudo apresentado buscou evidenciar a importância da realização de experimentos nas disciplinas de conforto ambiental. O mesmo enfocou a apresentação de um experimento realizado na disciplina de Conforto Térmico do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI) e seus resultados sobre o aprendizado dos, avaliado através de uma pesquisa de campo.

Como resultados da pesquisa pode-se afirmar que:

- Como demonstrado nos item 4.1, os alunos consideram, comparativamente a outras metodologias de ensino, a realização de experimentos uma metodologia muito importante a ser empregada em aulas de conforto ambiental.
- Como demonstrado no item 4.2, o experimento realizado foi muito esclarecedor para compreensão dos fenômenos físicos envolvidos nas trocas térmicas através dos vidros.
- Como demonstrado no item 4.3 apresentam grande aceitação e interesse à realização de experimentos nas disciplinas de conforto ambiental. Esta afirmação pode ser comprovada como observação pessoal da atenção e participação dispensadas pelos alunos durante a realização de experimentos como o apresentado neste estudo.
- Dinamizar as aulas de conforto ambiental, variando as metodologias de ensino é uma estratégia eficiente para um melhor aproveitamento por parte dos alunos relativamente aos conteúdos ministrados em sala de aula.

6 REFERÊNCIAS

CARTANA, Rafael Prado (2006). **Oportunidades e limitações para bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico - Estudo de caso em Florianópolis** Universidade Federal de Santa Catarina, Dissertação de Mestrado (Posarq–UFSC). Florianópolis.

DOCHERTY, Michael – Szokolay, Steven V. (1999). **Climate Analysis - Passive and Low Energy Architecture International - Design Tools and Techniques** - Note 5. Plea Notes. Queensland.

FERNANDES, Pierre. (1998). **Integração das Diretrizes Energéticas no Processo de Concepção Arquitetônica**. Artigo In Arquitetura Pesquisa e Projeto. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

GIVONI, Baruch (1998). **Climate Considerations in Building and Urban Design**. Van Nostrand Reinold.

SZOKOLAY, S.V. (1987). **Thermal Design of Buildings**. Camberra, Australian: Published by Raia Education Division.

SZOKOLAY, S.V. (1994). **Science in Architectural Education**. ANZAScA'94, Deakin University.

SZOKOLAY, S.V. and A. Pedrini (2000). **Simulation programs: 'horses for courses'**. TIA 2000. Sustainable buildings for the 21st Century: teaching issues, tools and methodologies for sustainability, School of Architecture, Oxford.

THOMAZ, Ercio (2001). **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. Editora Pini. São Paulo.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao LABCON (UFSC) a UNIVALI, além de todos os entrevistados que colaboraram com a pesquisa de campo.