

## **Ensino da concepção arquitetônica bioclimática com auxílio de maquetes físicas e heliodon**

**Aline Silva Sauer**

*Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil*  
[alinesisa@hotmail.com](mailto:alinesisa@hotmail.com)

**Sandra Moscon Coutinho**

*Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil*  
[sandramoscon@gmail.com](mailto:sandramoscon@gmail.com)

**Flávia Moura de Mello**

*Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil*  
[flaviammoura@gmail.com](mailto:flaviammoura@gmail.com)

**Jorge Luiz C6**

*Docente, Faculdade Brasileira, Vitória (ES), Brasil*  
[jorgecoarquitetura@gmail.com](mailto:jorgecoarquitetura@gmail.com)

**RESUMO:** A incorporação de estratégias bioclimáticas no projeto arquitetônico determina o conforto dos usuários e o desempenho das edificações, levando a redução do consumo energético. Entretanto, algumas escolas de arquitetura ainda priorizam o ensino compartimentado e não estimulam suficientemente as experiências didáticas multidisciplinares, levando o aluno a dissociar a teoria da prática arquitetônica, o que gera conflitos entre o projeto desejado e o real desempenho da edificação. Assim, este artigo objetiva apresentar uma experiência didática que utilizou o processo projetual, desenvolvido na disciplina de Projeto de Arquitetura, como veículo de aprendizado dos conceitos de geometria da insolação, apresentados na disciplina de Conforto Ambiental. O método utilizado consiste em: exposição teórica dos conceitos de geometria da insolação e sua influência no desempenho da edificação, durante a disciplina de Conforto Ambiental I; aplicação destes conceitos no projeto arquitetônico desenvolvido na disciplina de Projeto de Arquitetura III; simulação das maquetes físicas no heliodon; e aplicação de questionário visando analisar a percepção dos alunos diante da experiência. Como resultado, constatou-se que os experimentos práticos melhoram a compreensão dos conceitos e fenômenos estudados em Conforto Ambiental e que a integração de disciplinas aumenta o interesse dos alunos na aplicação das estratégias bioclimáticas em seus projetos arquitetônicos.

**Palavras-chave** Projeto de arquitetura, Conforto ambiental, Maquetes físicas, Heliodon.

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de projeto arquitetônico vem sofrendo várias modificações ao longo da história. Atualmente, a grande preocupação com a qualidade ambiental e o consumo energético das edificações tem levado a necessidade de um maior conhecimento técnico sobre estratégias que levem a melhora do desempenho do edifício. Entretanto, uma decisão insegura sobre qual estratégia adotar no momento da concepção do projeto, pode levar a consequências desastrosas, principalmente quando se refere a influência da radiação solar no edifício (Amorim, 2008).

Segundo Amorim (2008), existe uma dificuldade entre os projetistas em atender, conscientemente, os requisitos ligados ao conforto ambiental, mantendo as demais preocupações - funcionais, estéticas, construtivas e econômicas - de um projeto arquitetônico. Esta dificuldade é consequência da atual maneira de ensinar nas escolas de arquitetura, que faz com que a forma, massa, espaço e volume sejam vistos apenas como elementos de composição do projeto arquitetônico, dissociando estes elementos do desempenho ambiental da edificação.

O ensino da concepção arquitetônica bioclimática envolve, entre diversos aspectos, o conhecimento da geometria da insolação, tendo em vista que a radiação solar exerce grande influência no desempenho ambiental do edifício. Sabe-se que, para incorporar adequadamente estratégias bioclimáticas no projeto de arquitetura, é necessário compreender os fenômenos físicos envolvidos no desempenho das edificações. Este entendimento é facilitado quando há uma associação da teoria da área de Conforto Ambiental com a prática do ensino de Projeto de Arquitetura, tendo em vista que “a teoria está presente na exploração criativa das soluções de projeto” (Kowaltowski *et al.* 2007 p. 281, Zambrano *et al.* 2014).

No entanto, de acordo Fonseca & Carlo (2012), a falta de conexão entre a prática projetual e as demais disciplinas, como Conforto Ambiental, ainda é comum a várias escolas de arquitetura. Esse ensino compartimentado, que não estimula suficientemente as experiências didáticas multidisciplinares, leva o aluno a dissociar a teoria da prática arquitetônica, o que gera conflitos entre o projeto desejado e o real desempenho da edificação.

Neste contexto, alguns professores do curso de Arquitetura e Urbanismo de uma faculdade localizada em Vitória (ES) se uniram numa experiência didática, realizada no semestre de 2015/1, que utilizou o projeto arquitetônico, da fase de levantamento de dados até o estudo preliminar, desenvolvido na disciplina de Projeto de Arquitetura III (PAIII), como veículo de aprendizado dos conceitos de geometria da insolação, ministrados na disciplina de Conforto Ambiental I, permitindo a visualização destes conceitos aplicados no projeto através da simulação das maquetes físicas em um simulador da trajetória solar aparente (heliodon).

Para Zambrano *et al.* (2014), a simulação física através do heliodon, auxilia na compreensão dos conceitos de geometria da insolação e a testar opções, de forma a verificar as melhores alternativas a serem desenvolvidas no momento da concepção do projeto arquitetônico. Nos estudos de implantação, orientação de fachadas e aberturas, determinação dos dispositivos de proteção solar, influência do entorno na insolação do

terreno, dentre outros, a visualização imediata das áreas iluminadas e sombreadas nas diversas horas do dia e épocas do ano torna mais fácil, didaticamente, a visualização das estratégias bioclimáticas aplicadas ao projeto.

Ainda de acordo com Zambrano *et al.* (2014), a simulação do projeto arquitetônico pode ser realizada através de modelos físicos ou computacionais. Porém, a simulação de maquetes físicas permite uma fácil manipulação do modelo arquitetônico em estudo. Em consonância, Braida *et al.* (2014, p. 891) afirma que “a produção de modelos digitais [...] não propicia a manipulação tátil e o mesmo processo cognitivo alcançado com as experimentações envolvendo modelos físicos”.

As maquetes físicas são modelos tridimensionais em escala exata ou reduzida, com funções, objetivos, materiais e características variadas, que facilitam o entendimento e a comunicação de ideias. Além disso, estes são instrumentos de baixo custo que auxiliam no processo projetual, tornando-se elementos eficientes para representação e simulação de projetos (Mills 2007, Braida *et al.* 2013). Segundo Braida *et al.* (2014, p. 889), as maquetes físicas podem ser utilizadas no estudo de vários aspectos, dentre eles o conforto ambiental, pois “a partir destes modelos a compreensão do volume se torna mais acessível [...] possibilitando a avaliação de aspectos quantitativos e qualitativos com maior precisão e controlados em laboratório.”

Desse modo, essa experiência didática multidisciplinar permitiu aos alunos melhorar o domínio dos conceitos relativos a geometria da insolação, um dos aspectos fundamentais no projeto arquitetônico bioclimático. Observou-se também que a associação da teoria na área de Conforto Ambiental e a prática de Projeto de Arquitetura fornecem algumas restrições que favoreceram a criatividade no processo projetual. Segundo Kowaltowski *et al.* (2007), diversas pesquisas sobre criatividade, em outras áreas de conhecimento, atestam que estas restrições são consideradas necessárias ao processo criativo. Além disso, outras experiências já publicadas, como as de Fonseca & Carlo (2012), Braida *et al.* (2013, 2014) e Zambrano *et al.* (2014), relatam que as maquetes físicas são, de fato, um instrumento bastante eficiente nos estudos bioclimáticos e processos projetuais.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é apresentar uma experiência didática que utilizou o processo projetual desenvolvido na disciplina de Projeto de Arquitetura III (PA III) como veículo de aprendizado dos conceitos de geometria da insolação, apresentados na disciplina de Conforto Ambiental I, permitindo a visualização destes conceitos através da simulação das maquetes físicas em um simulador da trajetória solar aparente (heliodon), além de demonstrar os resultados referentes à contribuição no aprendizado dos alunos.

## **2. METODOLOGIA**

Essa experiência didática foi realizada com 167 alunos do terceiro período do curso de Arquitetura e Urbanismo, distribuídos entre as turmas matutinas e noturnas, no semestre de 2015/1. Iniciou-se com a exposição teórica dos conceitos de geometria da insolação e sua influência no desempenho da edificação, durante as aulas da disciplina de Conforto Ambiental I. Em paralelo, a disciplina de PA III apresentou o tema do projeto: uma academia de ginástica baseada nos conceitos de arquitetura bioclimática, bem como o

terreno, as condicionantes legais e demais restrições a serem seguidas no desenvolvimento do projeto.

Após estudos bidimensionais e a definição do projeto, em fase de estudo preliminar, foram confeccionadas maquetes físicas de maneira a representar, principalmente, as volumetrias e aberturas dos edifícios, itens importantes para o estudo de insolação.

As simulações destas maquetes com o heliodon (Fig.1) foram realizadas no Laboratório de Conforto Ambiental da instituição de ensino. Para a simulação, as maquetes foram posicionadas no centro do heliodon, orientadas em relação ao norte geográfico e o equipamento foi ajustado para a latitude, azimute e altura solar correspondentes. É importante ressaltar que o heliodon usado tem dimensões reduzidas e por isso, a escala relativa entre o heliodon e as maquetes poderá ocasionar pequenas distorções nos ângulos de insolação. Entretanto, estas diferenças não interferem de forma significativa na finalidade da experiência.



Figura 1. Heliodon utilizado nas simulações. Fonte: Acervo dos autores

Ao final, para se obter uma avaliação qualitativa da experiência didática realizada, os alunos responderam a um questionário, cujo objetivo foi registrar a sua percepção frente à realização das etapas do trabalho e os conhecimentos e aprendizado adquiridos. Esse questionário é composto de oito perguntas com respostas de múltipla escolha, e ao final possui um espaço para o aluno comentar sobre seu aprendizado e dar contribuições visando o aprimoramento da experiência.

As respostas de quatro dessas perguntas buscaram avaliar o grau de importância da atividade, variando de 1 a 5, sendo a resposta 1 como sem importância e a resposta 5 como muito importante. Por sua vez, nas respostas das outras quatro perguntas, os alunos puderam responder entre sim, não ou não sei. Os resultados foram tabulados e estão apresentados no próximo item sob forma de texto explicativo, tabela e quadro.

### 3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Ao longo do semestre, os conceitos aprendidos em Conforto Ambiental foram inseridos, na forma de estratégias bioclimáticas, nos projetos arquitetônicos desenvolvidos pelos alunos na disciplina de PA III desde a fase de implantação do edifício. O estudo ilustrado na Figura 2 foi realizado considerando-se: a latitude do local de implantação do projeto, a época do ano e hora do dia, além das coordenadas solares, azimute e altura solar.

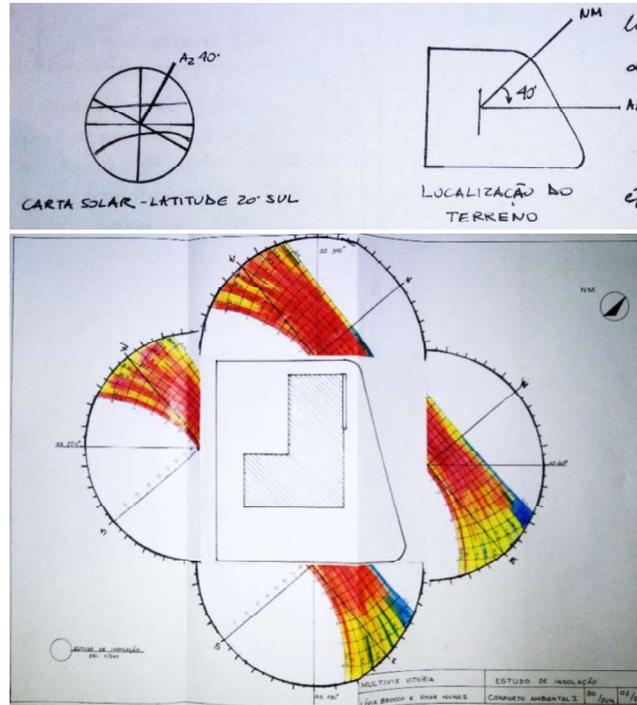


Figura 2. Estudo da geometria da insolação, com auxílio da carta solar, na fase de implantação do edifício por grupos de alunos da turma noturna. Fonte: Acervo dos autores

Após esta fase, com a definição do projeto, foi realizado o dimensionamento dos dispositivos de proteção solar através dos ângulos vertical ( $\alpha$ ) e horizontal ( $\beta$ ) de sombreamento, como mostra a Figura 3.

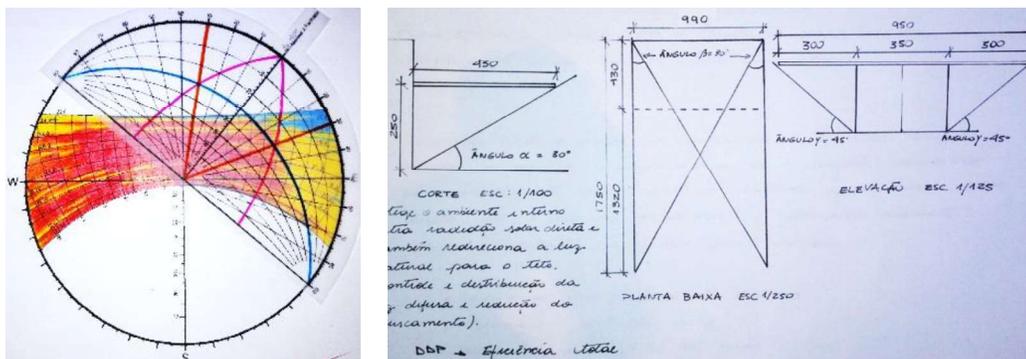


Figura 3. Determinação dos dispositivos de proteção solar por um grupo de alunos da turma noturna. Fonte: Acervo dos autores

A experiência didática priorizou o estudo da relação entre a radiação solar direta e o edifício, tendo em vista que a radiação solar direta influencia diretamente o desempenho térmico e lumínico da edificação, levando a alto ganho térmico e iluminância excessiva em ambientes internos. Sendo assim, os estudos tiveram foco nas análises quanto à geometria da insolação. Considerando-se que o local de implantação do projeto é a cidade de Vitória-ES, foram utilizados para estes estudos instrumentos gráficos como a carta solar para latitude 20º Sul e o gráfico auxiliar para traçado de máscaras de sombra (Frota, 2004).

Os professores incentivaram a pesquisa de edifícios que utilizam estratégias bioclimáticas em sua concepção, a fim de estimular os alunos a desenvolver possibilidades diferentes de

dispositivos de proteção solar (Fig.4). A intenção era fazer com que estes dispositivos agregassem valor à forma arquitetônica, aliando-se a estética da edificação.

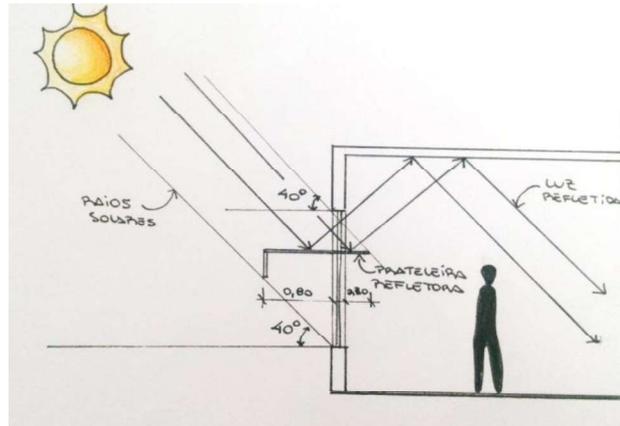


Figura 4. Dimensionamento da prateleira de luz. Estratégia adotada por um grupo de alunos da turma matutina. Fonte: Acervo dos autores

Inicialmente, diante da proposta multidisciplinar, observou-se que os alunos resistiam frequentemente, em abdicar de uma proposta formal, mesmo quando as questões de conforto ambiental eram apontadas como problemáticas. Entretanto, notou-se que a existência de problemas e restrições estimulou o desenvolvimento de projetos criativos e com qualidade bioclimática adequada (Fig. 5).

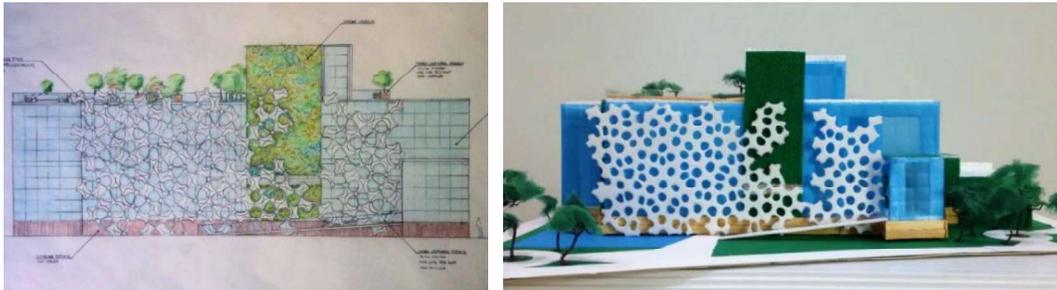


Figura 5. Fachada frontal e maquete de um projeto concebido por um grupo de alunos da turma noturna. Fonte: Acervo dos autores

Neste contexto, entende-se que o projeto é a criação artística, mas também tecnológica, em que, através das investigações, são realizadas idéias (Kowaltowski *et al.*, 1998). Desse modo, é necessário adotar práticas de ensino de projeto de arquitetura que, além de defender o processo criativo, levem a um processo de projeto mais consciente, gerando edificações eficientes e com bom desempenho ambiental.

Como já descrito por outros autores, esta experiência confirmou que, a partir do estudo dos modelos tridimensionais e das simulações realizadas com o auxílio do heliodon (Figs 6-8), os alunos conseguiram compreender melhor a influência da insolação no edifício. Essa experiência contribuiu para a melhoria da qualidade do aprendizado da base teórica da influência dos fenômenos físicos no momento da elaboração dos projetos arquitetônicos, comprovando que, efetivamente, a aula prática é o momento em que ocorre uma maior aproximação do aluno com o professor e com a experimentação da teoria no processo projetual.



Figura 6 – Simulação da maquete física de projeto concebido por um grupo de alunos da turma matutina. Fonte: Acervo dos autores

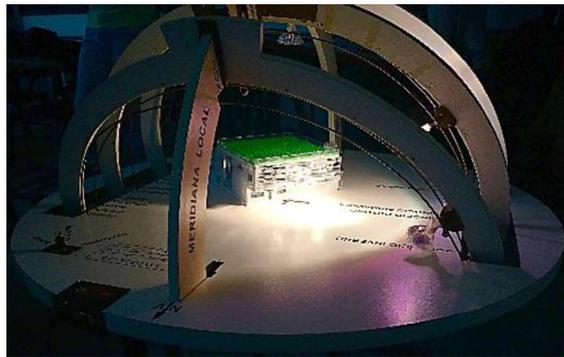


Figura 7– Simulação da maquete física de um projeto concebido por um grupo de alunos da turma noturna. Fonte: Acervo dos autores



Figura 8 – Simulação da maquete física de um projeto concebido por um grupo de alunos da turma noturna. Fonte: Acervo dos autores

É importante ressaltar que, diversos alunos verificaram, durante as simulações, que melhores alternativas poderiam ter sido desenvolvidas no momento da concepção do projeto arquitetônico. Este fato confirma as afirmações de que a simulação física, através do heliodon, auxilia a testar opções, de forma a verificar as melhores estratégias a serem desenvolvidas no projeto, melhorando a compreensão dos conceitos bioclimáticos.

Para confirmação dessas observações dos alunos, o questionário aplicado ao grupo de alunos foi tabulado e revelou que 73% avaliaram como “muito importante” o uso das maquetes como elemento de estudo para compreensão do projeto. Quando perguntados se, após a análise do modelo tridimensional obtido do seu projeto realizado, eles

mudariam a concepção inicial, 56,2% responderam positivamente, enquanto que 29,9% disseram que não mudariam, os outros alunos não souberam responder. Esses resultados confirmam a importância da execução da maquete física no ensino de projeto como auxílio à compreensão do mesmo.

Nas três perguntas seguintes desse questionário buscou-se avaliar o grau de importância de: (1) conhecimento de geometria solar para concepção do projeto, (2) uso do heliodon para compreensão da geometria solar através do estudo da trajetória aparente do sol e (3) uso da simulação da maquete física no heliodon quanto ao entendimento da influência da radiação solar na edificação. A Tabela 1 apresenta esses resultados.

Tabela 1 – Resultados parciais do questionário aplicado

Resultados	Pergunta (1) (%)	Pergunta (2) (%)	Pergunta (3) (%)
Sem importância (respostas 1, 2 e 3)	3,6	2,3	4,1
Importante (resposta 4)	13,20	27,6	22,80
Muito importante (resposta 5)	83,20	70,10	73,10
Total	100	100	100

O expressivo índice de respostas em que os alunos consideram importante ou muito importante os questionamentos realizados, podem indicar que os conhecimentos teóricos adquiridos sobre geometria solar e trajetória aparente do sol, puderam ser mais bem assimilados pelos alunos quando foi realizada a simulação da maquete física da edificação projetada no heliodon.

Nas perguntas seguintes buscou-se avaliar o índice de satisfação dos alunos em relação à experiência realizada e ainda se a repetiriam, através de três perguntas: (1) Os professores das disciplinas de projeto devem cobrar a aplicação de conceitos bioclimáticos aprendidos na disciplina de conforto ambiental, (2) A partir da experiência de integração das disciplinas de PAIII e Conforto Ambiental, você buscará integrar as diretrizes de conforto nos próximos projetos, e (3) Se você tivesse a oportunidade, simularia voluntariamente a maquete das próximas disciplinas de projeto no heliodon para testar as alternativas de orientação da edificação, aberturas, sombreamento, proteção solar, etc.

Nas duas primeiras perguntas dessa sequência observou-se que 91,60% dos alunos responderam positivamente a primeira pergunta, e 92,80% à segunda pergunta. Esses resultados apontam que, os alunos acreditam que os conceitos bioclimáticos, bem como as diretrizes aprendidas na disciplina de Conforto Ambiental devem ser utilizados nos próximos projetos que realizarão e os professores deverão cobrar essa utilização.

Por sua vez, na última pergunta dessa sequência, questionou-se sobre a confecção e simulação voluntária de maquetes, obteve-se 77,84% de respostas positivas, 4,2% de respostas negativas e os outros alunos responderam que não sabiam. Nesse resultado pode-se perceber que muitos alunos acreditam na importância da simulação da maquete física no heliodon como ferramenta de auxílio à definição do projeto arquitetônico bioclimático, e fariam a simulação, mesmo que o professor de projeto não solicitasse.

Por fim, dentre os comentários registrados pelos alunos no último item do questionário, pode-se destacar, no Quadro 1, alguns mais expressivos.

Quadro 1 – Principais comentários dos alunos

ALUNO	COMENTÁRIOS
Aluno 1	"A integração das duas disciplinas possibilitou a aplicação dos conhecimentos de conforto ambiental desde o início do projeto, entendendo o quanto é necessário pensar de forma correta o posicionamento da edificação, a distribuição dos ambientes e o posicionamento das aberturas no projeto".
Aluno 2	"A integração das disciplinas fez com que os conhecimentos fossem explorados, dando uma noção de como um arquiteto deve pensar".
Aluno 3	"Somente depois da aplicação dos conhecimentos adquiridos em conforto no projeto da academia, é que pude observar a importância da disciplina para os projetos de arquitetura".
Aluno 4	"Após as aulas ministradas pude compreender a relação da edificação e os fatores externos a ela, além de aprender os métodos adequados para aliar o projeto a esses condicionantes, tornando meu partido mais bem elaborado, uma vez que, o principal objetivo da arquitetura é abrigar os indivíduos com conforto".
Aluno 5	"Vivemos uma situação de crise energética onde os conhecimentos de conforto são totalmente aplicáveis. Um projeto pensado em relação à ventilação natural e a insolação pode apresentar ganhos na qualidade de vida dos usuários, redução do consumo energético e até redução nos gastos".
Aluno 6	"Ajudou a compreender a importância do uso de dispositivos sombreadores para o conforto do usuário da edificação. Além do uso de elementos naturais, como ventilação e iluminação que ajuda na sustentabilidade. E a entender o impacto da edificação e nas edificações ao seu redor".

Com isso, pode-se perceber o quanto a experiência foi positiva e pode contribuir para que o conhecimento teórico da disciplina de Conforto Ambiental seja aplicado no desenvolvimento do projeto arquitetônico.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os conhecimentos teóricos de geometria da insolação através de estratégias bioclimáticas, como a aplicação de dispositivos de proteção solar, por exemplo, ministrados na disciplina de Conforto Ambiental, aconteceram em paralelo ao desenvolvimento do processo de projeto da disciplina de PA III, que se iniciou com o levantamento de dados e condicionantes do terreno, partido arquitetônico até a entrega final em nível de estudo preliminar. A integração das disciplinas tornou a carga teórica da disciplina de Conforto Ambiental mais atraente, pois os alunos conseguiram compreender os conceitos e fenômenos e puderam aplicá-los no projeto arquitetônico em desenvolvimento.

A execução de maquetes físicas e simulação no heliodon permitiu aos alunos perceber que outras alternativas poderiam ter sido escolhidas no momento da concepção do projeto arquitetônico, o que confirma que simulações desse tipo auxiliam significativamente no processo de projeto e nas definições de estratégias bioclimáticas.

A aplicação do questionário contribuiu para registrar as percepções dos alunos em relação à experiência desenvolvida. Pode-se perceber, principalmente nos comentários dos alunos, o quanto o resultado foi positivo e, em função desse resultado os professores resolveram repetir a experiência nas mesmas disciplinas. O sucesso da experiência tem levado a questão da integração de duas ou mais disciplinas para ser discutida em reuniões de colegiado, e vislumbra-se a ampliação para outras disciplinas afins no decorrer do curso de arquitetura.

## REFERÊNCIAS

- AMORIM, C. N. D. Análise de projetos com uso de diagrama morfológico: Experiências didáticas. In: *XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 2008, Fortaleza. Anais... Fortaleza: ENTAC, 2008.
- BRAIDA, F.; ALVES, A. F.; LOPES, C. F.; ZAMBRANO, L. M. A produção de maquetes para ensaios em laboratório de conforto ambiental na UFJF. In: *XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 2014, Maceió. Anais... Maceió: ENTAC, 2014.
- BRAIDA, F.; MAGALHÃES, J. S. de P.; RODRIGUES, K. C.; SILVA, F. A. O lugar dos modelos tridimensionais e das maquetes de arquitetura e urbanismo no estudo do conforto ambiental e da ergonomia. In: *XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e VIII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído*, 2013, Brasília. Anais... Brasília: ENCAC; ELACAC, 2013.
- FONSECA, L. P. G.; CARLO, J. C. Ferramentas didáticas para apoio às disciplinas da área de conforto ambiental. In: *XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 2012, Juiz de Fora. Anais... Juiz de Fora: ENTAC, 2012.
- FROTA, A. B. *Geometria da Insolação*. 1.ed. São Paulo: Geros, 2004.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C.; DE PAIVA, V. T.; BIANCHI, G.; MÖSCH, M. E. Ensino de projeto bioclimático: O papel dos problemas e restrições no processo criativo. In: *IX Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído; V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído*, 2007, Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: ENCAC; ELACAC, 2007.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C.; PINA, S. M. G.; BERTOLLI, S. R. A visualização do conforto ambiental no projeto arquitetônico. In: *VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ENTAC, 1998.
- MILLS, C. B. *Projetando com maquetes: um guia para a construção e o uso de maquetes como Ferramenta de projeto*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- ZAMBRANO, L. M. A.; CASTRO, E. B. P.; GOMES, F.; MARQUES, A. C.; BASTOS, P. K. X.; MACHADO, E.; FONTES, P.; CABRAL, M.C.; SANTOS, C. V. M.; CARVALHO, D. A.; CYRILLO, Y. Simulação física em heliodon computadorizado no ensino da concepção arquitetônica bioclimática. In: *XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 2014, Maceió. Anais...Maceió: ENTAC, 2014.