



ANÁLISE DE PROGRAMAS COMPUTACIONAIS SIMPLES DE APOIO A PROJETOS BIOCLIMÁTICOS

Maiara F. Nicolau (1); Karin M. S. Chvatal (2)

(1) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: maiara.nicolau@usp.br

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, Brasil – e-mail: karin@sc.usp.br

RESUMO

Na última década tem se visto uma crescente preocupação com a redução do consumo de energia no Brasil, principalmente no que diz respeito aos edifícios, que consomem grande parte da energia gerada. Assim, cada vez mais, surgem novas normas e regulamentos que condicionam, desde a fase inicial de concepção de um projeto, a construção de edifícios que consumam menos, mas que proporcionem o conforto térmico ao usuário. Com este objetivo, este artigo apresenta os resultados de uma pesquisa relacionada ao estudo de ferramentas computacionais simples que possam auxiliar no processo de projeto de edifícios adequados ao clima e com eficiência energética. Foram analisados 28 programas computacionais, os quais foram devidamente caracterizados através de uma ficha informativa. Além disso, foram elaborados quadros-resumo e um diagrama que permitem o acesso rápido às principais características de cada ferramenta. O material produzido constitui em uma importante fonte de acesso a projetistas e estudantes de Arquitetura e Urbanismo.

Palavras-chave: arquitetura bioclimática, programas computacionais, eficiência energética.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, aproximadamente 48% da energia gerada é consumida por edifícios comerciais, públicos e residenciais (PROCEL, 2004). Na última década tem-se visto um crescente interesse em incentivar a redução desse consumo, tendo sido há poucos anos aprovadas regulamentações e normas que tratam dessa questão. Tem-se o Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (MME, 2009) e a Norma NBR 15220, Desempenho Térmico de Edificações, voltada às habitações unifamiliares de interesse social (ABNT, 2005).

Um edifício que é adequado ao clima e segue os princípios da arquitetura bioclimática é consequentemente mais confortável e consome menos energia. A preocupação em projetar um edifício que seja confortável, funcional e apresente qualidade estética deve acontecer desde a fase de concepção do projeto. É nessa fase inicial que são definidos a implantação, a orientação, a volumetria, a proporção geral entre a área transparente e opaca e os principais materiais constituintes do edifício.

Atualmente há uma série de ferramentas computacionais disponíveis para auxiliar nesta tarefa. Porém, as ferramentas mais complexas que tratam de avaliações térmicas e de energia nos edifícios, apesar de tornarem-se cada vez mais acessíveis, ainda apresentam-se distantes da prática projetual no Brasil. Muitas delas exigem uma grande quantidade de dados de entrada, o que demanda tempo e não é possível ainda durante a fase de concepção, quando ainda são consideradas várias possibilidades e muitas vezes desejam-se efetuar rápidas análises comparativas. Além disso, essas ferramentas exigem profundo conhecimento dos fenômenos físicos envolvidos, acabando por serem restritas a pesquisadores e especialistas, sendo utilizadas em etapas posteriores do projeto ou em situações de edifícios muito específicos.

No entanto, tem-se notado nos últimos anos que muitas ferramentas computacionais simples têm sido desenvolvidas. Nos sites do *LABORATÓRIO DE CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA*, LABAUT, da *Universidade de São Paulo* e *LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES*, LABEEE, da *Universidade Federal de Santa Catarina* há respectivamente, 19 e 15 programas computacionais brasileiros disponíveis para carregamento. Assim como o Diretório de Ferramentas computacionais, pertencente ao Departamento de Energia dos Estados Unidos (US Department of Energy, 2010), que apresentava, até o dia 19 de janeiro de 2010, um total de 380 ferramentas, sendo 112 delas de acesso livre. Dentre esses programas de livre acesso, existem muitos de fácil uso, que podem ser facilmente aprendidos e utilizados durante o desenvolvimento do projeto. Além disso, vê-se o grande potencial didático que estas ferramentas possam ter nos cursos de Graduação em Arquitetura e Urbanismo.

2 OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho foi caracterizar ferramentas computacionais simples que possam auxiliar o processo de projeto de edifícios adequados ao clima e que consumam menos energia. A intenção foi caracterizá-las de acordo com o seu potencial de utilização, de modo a fornecer subsídios para o seu uso durante o desenvolvimento de projetos. Ênfase foi dada no potencial didático dos programas.

3 METODOLOGIA

Primeiramente foi efetuado um levantamento dos programas nacionais existentes em anais de congressos brasileiros na área e páginas da internet, como as do *LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES* (LABEEE, 2010) e do *LABORATÓRIO DE CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA* (LABAUT, 2010). Para os programas internacionais, foi consultado o Diretório de Ferramentas computacionais relacionadas à análise do consumo de energia em edifícios, do Departamento de Energia dos EUA (US Department of Energy, 2009). De posse dessa lista de programas, os softwares para estudo foram selecionados tendo-se em conta os seguintes critérios:

- acesso gratuito e fácil utilização, sem a necessidade de aprendizado especializado;
- programas que fizessem análises voltadas à adequação do edifício ao clima;
- para os programas em inglês, a exigência era que possibilassem a inserção de dados climáticos brasileiros;
- possibilidade de uso desde o processo inicial de projeto;
- prioridade para o estudo de ferramentas que aparentassem ter maior potencial didático.

Todos os programas foram então instalados e utilizados durante certo período, a fim de que pudessem ser analisados. Para cada um deles foi elaborada uma *ficha de caracterização*, que incluiu os itens constantes da tabela 1. Além dessas fichas de caracterização, foram exploradas outras formas de representação dessas informações, de modo a facilitar a escolha de um ou mais programas durante o desenvolvimento de um projeto.

Informação	Descrição
Nome	Nome completo do programa e versão estudada.
Referência	Referência bibliográfica do programa.
Disponibilidade	Se é disponível diretamente para carregamento, se há necessidade de senha ou se é de acesso direto através de páginas na internet.
Endereço de acesso	Endereço da internet completo para carregamento do programa.
Língua	Português ou inglês.
Nível de dificuldade	Fácil ou médio (não foram analisados programas complexos).
Validação e testes	Quando disponível essa informação, foi indicado se os resultados do programa haviam sido testados ou validados de acordo com alguma norma específica.
O que o programa faz?	Descrição detalhada das análises feitas pelo programa.
Categorias de análise	1- Análise do clima; 2- Insolação; 3- Ventilação; 4- Materiais opacos e transparentes; 5- Desempenho do edifício como um todo; 6- Outras.
Figuras que exemplificam os resultados fornecidos	Figuras retiradas da própria tela do computador, exemplificando a forma de apresentação dos dados de saída do programa.
Tipos de resultado	Visual (gráficos ou desenhos), numéricos (tabelas ou relatórios).
Dados de entrada	Descrição de todos os dados de entrada necessários para o uso do programa.
Banco de dados	Tamanho da base de dados e possibilidade de adição de novos dados.
Comentários	Espaço para a colocação das limitações do programa, relatos das dificuldades encontradas no seu uso, aspectos positivos e negativos, entre outros.

Tabela 1. Aspectos caracterizados nos programas estudados.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Todo o material produzido nesta pesquisa, que não pode ser aqui disponibilizado por falta de espaço, encontra-se disponível em uma página na internet (<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/sap0649/index.html>).

4.1 Programas estudados

Tendo-se em conta os critérios anteriormente expostos, a partir de uma lista de 34 programas nacionais e 386 internacionais, foram estudados 28 softwares (14 em português e 14 em inglês). Para cada um

deles foi elaborada uma ficha completa de caracterização, de acordo com os itens apresentados anteriormente na tabela 1. Uma breve descrição dos programas estudados é apresentada na seqüência, sendo estes subdivididos em 7 grupos, correspondentes ao principal tipo de análise por eles efetuada¹.

4.1.1 Grupo 1: programas de análise climática e obtenção das estratégias de projeto

ANALYSIS BIO (LABEEE, 2009a). Sobrepõe os dados de temperatura e umidade sobre a Carta Bioclimática, a fim de que se possa visualizar a distribuição dos dados climáticos ao longo do ano (com a utilização do TRY, *Test Reference Year*). Permite também a sobreposição na Carta apenas dos dados das normais climatológicas (médias mensais). Destaca as estratégias de projeto para a adequação das edificações ao clima, para cada mês, de acordo com as zonas identificadas na Carta Bioclimática e apresenta um relatório de porcentagem de horas do ano em que cada estratégia é mais adequada.

CLIMATE CONSULTANT (LIGGETT; MILNE, 2008). Fornece uma grande quantidade de estratégias de projeto, obtidas através da Carta Bioclimática e da entrada dos dados climáticos anuais horários (formato *epw*). As estratégias são organizadas em ordem de importância e explicadas em detalhes, através de desenhos². Permite a alteração dos limites das zonas na Carta. Os dados climáticos são organizados em variados tipos de tabelas, gráficos e diagramas.

CLIMATICUS (ALUCCI, 2005). Possui um banco de dados climáticos de 58 cidades brasileiras e permite a inclusão de novos dados, através da inserção dos valores médios das variáveis para cada mês do ano. São fornecidos variados gráficos, tabelas e diagramas que ordenam esses dados de diversas formas, de modo a facilitar a sua visualização e compreensão. Efetua o diagnóstico climático através da Carta Bioclimática de Givoni e do método de Mahoney.

ZBBR (RORIZ, 2004). Através da escolha de uma cidade brasileira, fornece a sua classificação bioclimática e as diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, conforme a Norma NBR 15220 (ABNT, 2005). Possui um banco de dados com 330 cidades principais (dados medidos) e outras 5231 cidades com os dados climáticos estimados por interpolação.

4.1.2 Grupo 2: programas relativos ao dimensionamento de proteções solares

ANALYSIS SOL-AR. (LABEEE, 2009b). Fornece a carta solar do local desejado e traça a máscara de sombra, considerando proteções verticais e/ou horizontais. A partir dos dados climáticos, fornece a rosa dos ventos do local (velocidade e freqüência).

BRISE. (ALUCCI, 2006). Fornece a máscara de sombra plotada na carta solar para proteções solares verticais, horizontais ou mistas, além de um relatório horário, para o ano todo, indicando se há sombra ou sol na abertura. Devem ser fornecidas as dimensões das brises em relação à janela, sua orientação e a latitude do local.

LUZ DO SOL. (RORIZ, 1995). Apresenta a projeção da mancha de sol resultante da insolação nas aberturas (de acordo com hora, altura e azimute solar). Limitado para no máximo duas aberturas em uma mesma face de um ambiente. Fornece a carta solar da latitude desejada e sobrepõe o transferidor auxiliar na carta solar, na orientação desejada.

PARASOL. (HELLSTROM; KVIST, 2009). Avalia o impacto que pode ter um protetor solar em uma janela na temperatura operativa, nível de iluminação natural e gastos energéticos (aquecimento e resfriamento), durante todo o ano. Oferece a possibilidade de inclusão dos arquivos de dados climáticos horários.

SUNANGLE, SUNPOSITION, SOLPATH, WINDOW OVERHANG DESIGN, OVERHANG

¹ O agrupamento dos programas refere-se aos principais tipos de análise que os mesmos contemplam. Há, no entanto, vários deles que possuem funcionalidades complementares às referentes aos grupos aos quais estejam classificados. Para tal, recomenda-se obter informações mais detalhadas sobre os programas na sua ficha de caracterização disponível em (<http://www.arquitetura.eesc.usp.br/sap0649/index.html>), onde se encontra todo o material produzido nesta pesquisa.

² Neste programa, cuidado deve ser tomado ao se observar os desenhos de insolação, haja visto se referirem ao hemisfério norte.

ANNUAL ANALYSIS, LOUVER SHADING, VERTICAL FIN SHADING e WINDOW HEAT GAIN. (GRONBECK, 2009). Este é um conjunto de ferramentas *online* relacionadas à análise da incidência solar e ao efeito de protetores solares. São aplicáveis a todas as latitudes e longitudes. O conjunto dessas ferramentas foi considerado como correspondente a um (1) programa computacional.

4.1.3 Grupo 3: programas que calculam as propriedades térmicas dos materiais

OPAQUE (BAPAT, 1999). Calcula a resistência e as transmitâncias térmicas totais, o atraso e o amortecimento de um fechamento. Plota a variação da temperatura ao longo da seção do fechamento e, plota em gráficos a variação das temperaturas exterior e sol-ar, radiação solar (direta, difusa, refletida e total) e ganhos e perdas de calor pelo envelope.

TRANSMITÂNCIA (LEE; LAMBERTS, s/d). É uma ferramenta computacional desenvolvida para o cálculo das propriedades térmicas de componentes construtivos (resistência, transmitância, capacidade e atraso térmicos e fator solar), através do método apresentado na Norma NBR 15220 (ABNT, 2005). Permite a entrada de 10 seções, cada uma com até 7 camadas.

4.1.4 Grupo 4: programas relativos à ventilação natural

CHAMINÉ. (ALUCCI, 2002c). Calcula variados parâmetros relativos à ventilação natural por efeito chaminé, para ambientes com diferentes aberturas laterais e zenitais. Informa se a taxa de renovação de ar é suficiente para remoção do calor acumulado no ambiente e a vazão mínima necessária para tal.

4.1.5 Grupo 5: programas que fornecem o desempenho térmico do edifício como um todo

ARQUITROP. (RORIZ; BASSO, 1990). Programa que permite a simulação do desempenho térmico de um ambiente monozona através do método da Admitância. Fornece a variação da temperatura interior ao longo de um dia (o usuário pode escolher o dia e o mês) e os ganhos de calor totais devido aos variados componentes na data escolhida. Possui um banco de dados climáticos de cidades brasileiras e um banco de materiais e componentes construtivos. Sua interface encontra-se em MS-DOS, o que dificulta o seu uso.

CTCA. (MARINS; RIBEIRO, 1999). Utiliza o método do CSTB (*Centre Scientifique et Technique du Batiment, Paris, França*) e fornece a temperatura interna máxima de um ambiente, e sua localização em relação à zona de conforto térmico. Possui um banco de dados com informações sobre cidades, materiais, atividades, potência de equipamentos e lâmpadas, entre outras. Estes dados podem ser consultados diretamente sem passar pelos recursos de cálculo, funcionando, desta maneira, como uma fonte de dados para a elaboração de projetos.

FACHADA. (ALUCCI, 2005). Calcula a temperatura interna do ar em um ambiente (monozona), em um dia de verão, sem condicionamento artificial; ou o consumo de energia elétrica desse mesmo ambiente devido ao ar condicionado. Permite janelas em apenas uma parede, com ou sem brise horizontal, sendo que as outras paredes podem ser externas ou internas.

MIT DESIGN ADVISOR. (GLICKSMAN, 2009). É uma ferramenta *online* que fornece o gasto energético devido ao aquecimento, resfriamento e iluminação artificial, além das emissões de CO₂ para um edifício monozona. Permite a comparação entre 4 cenários diferentes e também fornece a incidência de iluminação natural no edifício. Seu maior problema é sua base de dados. Para o Brasil, possui apenas os dados da cidade do Rio de Janeiro, não fornecendo a opção da inclusão de dados de outros climas.

4.1.6 Grupo 6: programas relativos à iluminação natural

DAYLIGHT. (PETERS, 2009). Representa a distribuição da luz natural no plano de trabalho de acordo com o tipo de vidro das aberturas e a quantidade das mesmas (pode ser realizado um estudo com até três janelas).

DLN. (ALUCCI, 1997). Calcula a disponibilidade de luz natural em um dia típico, vários dias do ano ou em determinado ponto para diferentes orientações. Possui um banco de dados climáticos de todas as capitais brasileiras.

LUX. (ALUCCI, 2002d). Calcula a distribuição do Fator de Luz Diurna (%) para um ambiente e

estima o consumo de energia elétrica anual para complementar a iluminação natural. Permite até 4 janelas, uma em cada parede.

LUZ DO SOL. (RORIZ, 1995), (programa já apresentado no Grupo 2). Desenha em planta a distribuição da Componente Celeste do Coeficiente de Luz Diurna, representado em linhas e/ou texturas (iluminação lateral), limitando-se para o máximo de duas aberturas em uma mesma face de um ambiente.

4.1.7 Grupo 7. Outros programas variados

SUNPATH. (RORIZ, 2000). Programa simples, que desenha a trajetória solar em várias datas do ano (incluindo os solstícios de verão, inverno e equinócios), mudando-se o ângulo e a inclinação de observação das curvas solares.

SUNPOSITION 1.7 (BRACKENRIDGE, 2009). Apresenta a trajetória solar de forma precisa para um dia do ano em intervalos de hora definidos, detalhando os ângulos de azimute e altura solar.

4.2 Diagrama, quadros-resumo e fichas de caracterização

A intenção deste estudo era auxiliar o aluno de Graduação, ou o projetista, na escolha de um ou mais programas de análise do conforto ambiental que pudessem ser adotados durante o desenvolvimento do projeto de um edifício, de acordo com as necessidades específicas da questão que se desejasse trabalhar no momento. Todas as informações coletadas e analisadas durante o estudo das ferramentas foram organizadas de modo a viabilizar essa seleção de forma autônoma pelo usuário. Para tal, foram adotadas formas de representação dos resultados através de um diagrama, quadros-resumo e da ficha de caracterização. Na sequência, a título de exemplo, são apresentados os resultados referentes a 2 programas, dentre os analisados: Climate Consultant e Analysis Sol-Ar.

Para se ter uma noção geral dos programas, foi elaborado um diagrama que apresenta todas as ferramentas estudadas, identificando-as por cor, de acordo com o tipo de análise que efetuam (Figura 1). Seus dados de entrada e saída são conectados ao programa através de flechas, sendo que os *softwares* similares foram colocados próximos, de modo que se conectem aos mesmos dados de entrada e/ou saída, neste caso, através de flechas da cor vermelha. Esta forma de representação sintetiza os dados referentes aos programas analisados, fornecendo um panorama geral que já permite a identificação das ferramentas de interesse, de acordo com o tipo de análise que efetuam e os dados de entrada e saída.

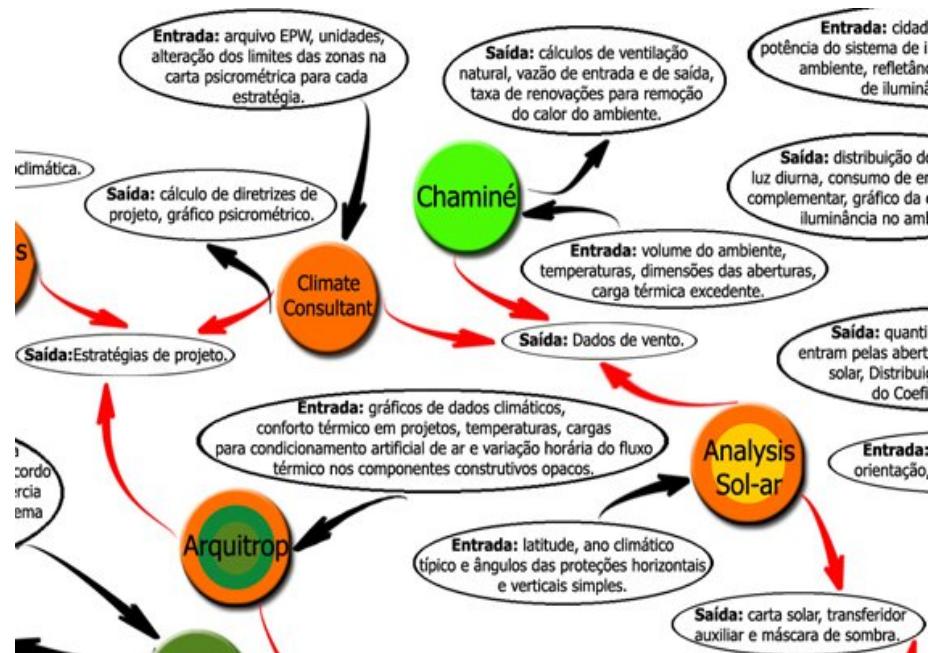


Figura 1– Parte do diagrama correspondente aos programas Climate Consultant e Analysis Sol-ar, que apresentam como categorias de análise, respectivamente, **análise do clima** e **análise do clima** mais **insolação**.

Através dos quadros-resumo (quadros 1 a 3) é possível rapidamente ter-se acesso às funcionalidades de cada um dos programas. No quadro 1, têm-se informações gerais sobre os mesmos, sendo este o primeiro quadro a ser observado pelo usuário. Nas colunas correspondentes às categorias de análise, é possível rapidamente identificar quais deles podem ser úteis para a análise desejada (análise do clima, insolação, ventilação, materiais opacos e transparentes, desempenho do edifício e outras). Também se encontram nesse quadro informações de caráter geral, como a disponibilidade (se gratuito, com ou sem cadastro, ou *online*), o nível de dificuldade (fácil ou médio) e a língua (português ou inglês). A representação em cores facilita a leitura dos quadros e a comparação entre as ferramentas.

Programa	Disponibilidade	Língua	Dificuldade	Categorias de Análise				
	Gratuito Gratuito (com cadastro)	Online	Português Inglês	Fácil Médio	Análise do clima Insolação Ventilação	Materiais opacos e transp.	Desempenho do edifício	Outras
Analysis Sol-ar 6.2 (LABEEE, 2009b)								
Climate Consultant 4.0 (LIGGETT; MILNE, 2008)				Ventos e carta solar.		Análise da incidência solar nas diversas orientações e dimensionamento de brises.		

Quadro 1 – Informações gerais dos programas Analysis Sol-ar e Climate Consultant.

Com o quadro 2, o usuário obtém informações mais detalhadas. Este apresenta o texto referente ao “o que o programa faz” da ficha de caracterização, embora de forma mais resumida, e a relação dos dados de entrada necessários.

Programa	O que o programa faz?	Dados de entrada
Analysis Sol-ar 6.2 (LABEEE, 2009b)	Carta solar, transferidor auxiliar e máscara de sombra (proteções verticais e horizontais simples). Rosa dos ventos do local (velocidade e frequência).	Latitude; ano climático típico do local; ângulos das proteções horizontais e verticais.
Climate Consultant 4.0 (LIGGETT; MILNE, 2008)	Cálculos das 20 principais diretrizes de projeto. Gráfico psicrométrico. Estratégias de projeto com ilustrações. Gráfico com os dados de vento.	Arquivo EPW; sistema de unidades. Possibilidade de alterar os limites das zonas na carta psicrométrica, para cada estratégia.

Quadro 2 – Informações sobre a utilização dos programas Analysis Sol-ar e Climate Consultant.

Informações adicionais sobre os programas são então obtidas no quadro 3, onde constam as características do banco de dados (caso este exista), o tipo de resultado (se em forma de gráfico e/ou tabela, visual (desenho sem indicação de valores), em formato de relatório ou numérico), e os comentários (críticas, observações interessantes, limitações, etc.).

Programa	Tipos de Resultado	Banco de Dados	Comentários		
	Gráfico e/ou tabela	Visual	Relatório	Numérico	
Analysis Sol-ar 6.2 (LABEEE, 2009b)				Principais capitais brasileiras.	Na construção da máscara de sombra, o programa não delimita as áreas de eficiência total e parcial. Há dificuldade de inserção de dados.
Climate Consultant 4.0 (LIGGETT; MILNE, 2008)			Arquivos EPW disponíveis no site do programa EnergyPlus.		Atalho de ajuda bem explicativo. No gráfico psicrométrico, podem ser plotadas as temperaturas de bulbo seco, radiação global horizontal, nebulosidade ou velocidade do vento. As estratégias de projeto auto-explicativas, com ilustrações (demonstração), se referem ao hemisfério norte. Programa baseado nos trabalhos de Baruch Givoni e Murray Milne.

Quadro 3 – Especificações dos programas Analysis Sol-ar e Climate Consultant.

Caso ainda persistam dúvidas ou mesmo para a obtenção de informações mais detalhadas sobre o (s) programa (s) escolhido (s), podem então ser consultadas as fichas de caracterização, que apresentam todas as informações coletadas sobre a ferramenta (ver figura 1), ou seja, tudo o que já foi apresentado nos quadros-resumo, de forma mais extensa, além de exemplos dos resultados, referência completa e página para carregamento do *software* e se o mesmo foi testado ou validado através de procedimentos específicos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa não era efetuar uma análise comparativa entre os programas estudados, mas caracterizá-los de forma a indicar o seu potencial de utilização e criar formas de representação que permitissem a escolha de um ou mais programas adequado (s) às necessidades específicas da questão que se desejasse trabalhar no momento. Todo o material produzido (diagrama, quadros-resumo e fichas de caracterização), referente aos 28 programas estudados, constitui em uma importante fonte de acesso a projetistas e estudantes de Arquitetura e Urbanismo, incentivando a aplicação dos conceitos de conforto através de ferramentas de fácil uso, livre acesso e de forma autônoma. Esta base de informações poderá ser complementada e atualizada por outros pesquisadores, conforme novos programas forem sendo analisados ou os existentes forem tornando-se obsoletos. Durante o segundo semestre de 2010 será efetuado o acompanhamento dos alunos de Graduação do curso de Arquitetura e Urbanismo da (informação omitida para evitar a identificação dos autores), que utilizarão os resultados da pesquisa para o desenvolvimento de projetos de edificações, verificando-se, dessa forma, o potencial deste trabalho em atender aos objetivos pretendidos.

6 REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho Térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento Bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2005.

ALUCCI, M. **DLN 2.06.** Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 1997. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.

ALUCCI, M. **Chaminé 2.5.** Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2002c. <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.

ALUCCI, M. **Lux 2.0.** Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2002d. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.

ALUCCI, M. **Climaticus 4.2** (versão Beta). Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2005e. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.

ALUCCI, M. **Fachada 2.1.** Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2005f. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.

ALUCCI, M. **Brise 1.3.** Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 2006. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>

AUGENBROE, G. Trends in building simulation. **Building and Environment.** Volume 37, Issues 8-9, 2002, pp. 891-902.

BAPAT, A. **Opaque**, version 2.0. Graduate School of Architecture and Urban Design. University of California, EUA. 1999. Disponível em <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/>.

BRACKENRIDGE, M. **SunPosition Calculator**, version 1.7. Egon Gombra Services, Spain. 2009. Disponível em <http://www.sunposition.info/sunposition/spc/locations.php#1>.

GLICKSMAN, L. R. et al. **Mit Design Advisor**, version 1.1. Massachusetts Institute of Technology, USA. 2009. Disponível em <http://designadvisor.mit.edu/design/>.

GRONBECK, C. **SunAngle, SunPosition, Sol Path, Window Overhang Design, Overhang Annual Analysis, Louver Shading, Vertical Fin Shading and Window Heat Gain.** Sustainable by design. USA. Acessado em 05 de novembro de 2009. Disponível em <http://www.susdesign.com/tools.php>.

HELLSTROM, B. e KVIST, H. **Parasol**, version 5.0. Lund Institute of Technology, Division of Energy and Building Design, Department of Architecture and Built Environment. Sweden. 2009. Disponível em <http://www.parasol.se/>

LABORATÓRIO DE CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, LABAUT. Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/index.html>. Acessado em 09/01/2010.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. **Analysis Bio**, versão 2.1.5. 2009a. Disponível em http://www.labeee.ufsc.br/downloads/tabela_software.html.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. **Analysis Sol-ar**. Versão 6.2. 2009b.

Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisSOLAR.htm>.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/>. Acessado 09/01/2010.

LEE, A. S. e LAMBERTS, R. **Transmitância**, versão 1.0. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, (sem data). Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/software/transmitancia.html>

LIGGETT, R. e MILNE, M. **Climate Consultant**, version 4.0. UCLA Design Tool Group, USA. 2008. Disponível em <http://www2.aud.ucla.edu/energy-design-tools/>.

MARINS, K. R. C. e RIBEIRO, T. G. **CCTA, Conforto Térmico, Cálculo e Análise**, versão 1.0b1. Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética- FAUUSP. 1999. Disponível em <http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/index.html>.

PETERS, T. N. **Daylight**, USA. 2009. Disponível em <http://www.archiphysics.com/programs/daylight/daylight.htm>.

PROCEL. PROCEL INFO – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Notícias. Portal: <http://www.eletrobras.com/pci/main.asp>, 2003-2005.

MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – **Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. 2009. Disponível em <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001424.pdf>. Acesso em: 19/01/2010.

RORIZ, M. e BASSO, A. **ARQUITROP**, versão 3.0. São Carlos, SP, 1990. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/software/arquitrop.html>.

RORIZ, M. **Luz do Sol**, versão 1.1. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em construção Civil. 1995. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/software/luzDoSol.html>.

RORIZ, M. **Sunpath**, versão 1.0. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em construção Civil. 2000. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/software/sunpath.html>.

RORIZ, M. **ZBBR**, versão 1.1. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-Graduação em construção Civil. 2004. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/software/zbbbr.html>.

US Department of Energy. **Building Energy Software Tools Directory**. http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory. Acessed on 09/01/2010.

7 AGRADECIMENTOS

As autoras gostariam de agradecer à Universidade de São Paulo pelo apoio financeiro a esta pesquisa.