

## SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COMO ESTRATÉGIA PROJETUAL VOLTADA AO CONFORTO TÉRMICO

Wesley Lima Rego<sup>1</sup>, Mariana Brito de Lima<sup>2</sup>, Paulo dos Santos Batista<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Técnico em Informática, Estudante do Curso de Engenharia Civil – IFTO/Campus Palmas, Bolsista PIBITI/CNPq. E-mail: [wesleyre@gmail.com](mailto:wesleyre@gmail.com);

<sup>2</sup>Professora da Área de Construção Civil – IFTO/Campus Palmas. E-mail: [mariana@ifto.edu.br](mailto:mariana@ifto.edu.br);

<sup>3</sup>Professor da Área de Ciências dos Materiais – IFTO/Campus Palmas. E-mail: [pbatista@ifto.edu.br](mailto:pbatista@ifto.edu.br)

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma contribuição para estruturação e capacitação dos pesquisadores do Grupo de Pesquisa TEMAS – Tecnologia e Materiais Sustentáveis em relação à adequação ambiental das edificações e seus materiais. Os avanços em pesquisas científicas e realizações em relação aos materiais de construção mostram reflexões sobre o desenvolvimento sustentável, a conservação ambiental e a eficiência energética, que influenciaram o progresso científico e tecnológico deste século. O ‘projetar’ voltado à bioclimatologia implica na adoção de soluções arquitetônicas, a partir do conjunto de técnicas e materiais disponíveis, para conseguir um resultado térmico desejável, conforme as exigências dos usuários. Para a estruturação do grupo introduziu-se a utilização de programas de computador relacionados à adequação ambiental das edificações em relação aos materiais utilizados. Estes programas simulam as condições ambientais de determinado local e relacionam com a edificação proposta, e propõem a partir de seu resultado diretrizes de projeto, sendo considerados importantes ferramentas a serem utilizadas pelos projetistas. Para a introdução destes programas foram produzidos tutoriais no intuito de facilitar e disseminar a sua utilização por todos os membros do grupo.

**Palavras-chave:** Bioclimatologia; Conforto; Estruturação; simulação computacional.

### 1. INTRODUÇÃO

As edificações são a nossa terceira pele. Na medida em que nossos ancestrais se deslocaram para o norte, vindo das estepes temperadas da África há centenas de milhares de anos, eles não somente precisaram de roupas mais pesadas, como também sentiram a necessidade de construir edificações mais resistentes, que os protegeriam do calor do deserto e do frio dos climas do norte. (ROAF, 2009). De forma gradativa, nossos ancestrais foram conhecendo por experiências próprias às influências de alterações nas estruturas das edificações. Através destes avanços é que hoje estudamos de forma científica os projetos de edificações e seus materiais constituintes, relacionando projeto arquitetônico e clima. Esse projetar voltado a bioclimatologia implica na adoção de soluções arquitetônicas, a partir do conjunto de técnicas e materiais disponíveis, para conseguir um resultado térmico desejável, conforme as exigências dos usuários (LIMA, 2005). Essas soluções terão que levar em consideração o conhecimento das exigências de conforto térmico humano, do comportamento térmico das estruturas e dos materiais, diante das variações dos fatores climáticos.

Com os avanços tecnológicos da atualidade, ferramentas computacionais começaram a ser utilizadas para auxiliar na construção de ambientes termicamente confortáveis. Ferramentas estas que aliadas a conhecimentos técnicos proporcionam a melhor avaliação da estrutura e do projeto, visando sempre a melhor condição de sustentabilidade.

Nesta pesquisa pretendeu-se introduzir a utilização de programas de computador relacionados à adequação ambiental das edificações. Estes programas simulam as condições ambientais de determinado local e relacionam com a edificação proposta, e propõem a partir de

seu resultado diretrizes de projeto, sendo considerados importante ferramenta a ser utilizada pelos projetistas.

Com a evolução na informática, crescem as expectativas de que as ferramentas de análise também se popularizem nos escritórios de arquitetura, como ocorreu, por exemplo, com os programas de cálculo estrutural em escritórios de engenharia. Dentre os programas de simulação voltados para a arquitetura, se destacam os de simulação térmica e energética, bem como os de predição da ventilação, baseados na dinâmica dos fluidos computacional ou CFD (Computational Fluid Dynamics), utilizados para o cálculo de escoamentos em ambientes externos e internos (TRINDADE, 2006).

A utilização das diretrizes bioclimáticas é uma poderosa ferramenta de projeto “que propicia ao projetista uma orientação coerente no que se refere à adaptação da futura construção ao seu clima” (VIGGIANO, 2004). A adoção de diretrizes como estratégia de projeto auxilia na criação de ambientes com maior qualidade de vida, atendendo as necessidades do homem no ambiente construído e no seu entorno, um ambiente integrado com as características da vida e do clima local, consumindo a menor quantidade de energia e atendendo às exigências térmicas de seus usuários.

Este artigo relata um dos esforços realizados entre 2014 e 2015 para estruturar e capacitar os participantes do grupo de pesquisa TEMAS – Tecnologia e Materiais Sustentáveis em relação aos aspectos da adequação ambiental das edificações, neste caso em específico o objetivo geral foi a capacitação em ferramentas de simulação computacional relacionadas a softwares de conforto térmico. O produto final da pesquisa foram tutoriais dos softwares escolhidos, visto que, no cenário atual, tutoriais sobre softwares de simulação computacional para o conforto térmico não estão disponíveis com facilidade.

Tutorial por sua definição é a sistematização de um conteúdo que possui como objetivo ensinar determinado assunto ou ferramenta. Neste caso, os tutoriais feitos estão em formas de manuais que indicam o “*passo a passo*” do que deve ser feito para a utilização dos programas, tanto do Analysis BIO quanto o Analysis Sol-AR. Os tutoriais possuem ainda *screenshots* (ou, “fotos” da tela) de cada passo realizado no programa para a melhor compreensão do usuário.

## 2. CONFORTO TÉRMICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O desempenho térmico de uma edificação depende da forma em que seus materiais constituintes se relacionam com o meio externo. Na atualidade, é comum o uso de fontes artificiais para controle de temperatura e umidade nas áreas internas de edifícios, para minimizar esse uso, que provoca um maior gasto de energia e, portanto, um consumo de recursos financeiros significativos ao longo do tempo, torna-se evidente que os estudos e análise sobre conforto térmico devem ser aprofundados em cada construção.

Poucos são os profissionais com especialidades na área de conforto térmico na construção civil, com isso, edificações que poderiam atender ao usuário com um desempenho térmico mais agradável deixam de ser projetadas. Soluções simples como, colocar os cômodos mais utilizados de uma edificação para o sentido onde o sol nasce, e ventilação cruzada, seriam de suma importância para regiões de clima quente.

Analisar o desempenho térmico dos materiais que irão compor determinada construção pode gerar uma economia substancial no que tange o uso de climatizadores. Sendo assim, faz-se necessário o uso de materiais e soluções estruturais que elevem o conforto térmico da edificação. A utilização da simulação computacional nesse caso facilita a tomada de decisões pelo projetista.

### 3. SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

A simulação computacional é um dos métodos de grande potencial para a caracterização do clima, este auxiliando na escolha das melhores estratégias de conforto térmico para futuras edificações. Softwares de simulação agilizam a tomada de decisão na escolha de tecnologias que elevem o desempenho térmico de uma edificação.

A utilização de softwares simuladores almejam ainda a otimização do uso de recursos energéticos, algo que presente contexto econômico do País é de suma importância. Grande parte das residências de regiões de clima quente utiliza de aparelhos condicionadores de ar, fato este que poderia ser reduzido caso o projeto de resistências utilizassem de simulação computacional para a melhoria do seu desempenho bioclimático.

Os softwares utilizados neste artigo auxiliam justamente na melhoria de projetos de edificações. Estes podem servir para caracterização do clima em determinadas regiões e, portanto, induzir para a escolha da melhor estratégia climática. Empregar os softwares Analysis BIO e Analysis Sol-Ar seria de grande eficácia para ampliar a visão do Engenheiro projetista quanto à eficiência térmica.

### 4. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado com base em artigos e projetos existentes e tendo como objetivo a aprendizagem de softwares relacionados ao conforto térmico para a estruturação do grupo de pesquisa TEMAS – Tecnologia e Materiais Sustentáveis e futuramente instalação dos programas em laboratório próprio.

Inicialmente encontrou-se como barreira a dificuldade no estudo dos manuais de utilização dos programas, pois os mesmos não dispunham de materiais para tutorial de utilização. Portanto, a partir de análise em conjunto com os orientadores do projeto foram selecionados os programas com maior relevância para a pesquisa. Segundo Trindade (2006), a aplicação desse tipo de ferramenta cresce, principalmente, nos grandes escritórios internacionais que priorizam o uso de diferentes recursos tecnológicos em seu processo projetual.

A partir disso a etapa seguinte foi o estudo aprofundado de todo material encontrado (manuais, estudos de casos, artigos, dissertações, etc.). Vale ressaltar ainda que todos os softwares estudados são de origem gratuita e foram os seguintes (Tabela 1):

Tabela 1 – Softwares de simulação estudados.

<b>1. Título:</b>	<b>Analysis CST</b>
Tipo do recurso:	Animação/simulação
Objetivo:	Propiciar avaliações das condições térmicas de ambientes em situações reais.
<b>2. Título:</b>	<b>Analysis 1.5</b>
Tipo do recurso:	Animação/simulação
Objetivo:	Propicia uma avaliação bioclimática a partir de dados climáticos plotados em cartas bioclimáticas e avaliação das condições de conforto térmico segundo a ISO 7730
<b>3. Título:</b>	<b>Analysis SOL-AR</b>
Tipo do recurso:	Animação/simulação

Objetivo:	Propicia obter a carta solar da latitude, a rosa dos ventos e a velocidade média para cada estação do ano nas oito orientações. Além de visualizar os intervalos de temperatura anuais
<b>4. Título:</b>	<b>Transmitância versão 1.0 (beta)</b>
Tipo do recurso:	Animação/simulação
Objetivo:	Auxiliar na aplicação dos métodos de cálculo de propriedades térmicas de componentes construtivos propostos pelo projeto de normalização em conforto ambiental
<b>5. Título:</b>	<b>Analysis BIO</b>
Tipo do recurso:	Animação/simulação
Objetivo:	Propicia o fornecimento de dados bioclimáticos detalhados para a construção de edifícios.
<b>6. Título:</b>	<b>Psychros</b>
Tipo do recurso:	Software Educacional
Objetivo:	Permitir o cálculo Umidade Relativa (UR) ou Temperatura de Bulbo Úmido (TBU), com a opção para geração de um arquivo com propriedades psicométricas do ar.
<b>7. Título:</b>	<b>Declinação Magnética 2.0</b>
Tipo do recurso:	Animação/simulação
Objetivo:	Software para cálculo da declinação magnética e outros parâmetros correlatos, aplicável ao Território brasileiro. Baseado no algoritmo ELEMAG, fornecido pelo CNPq - Observatório Nacional.
<b>8. Título:</b>	<b>Domus</b>
Tipo do recurso:	Animação/simulação
Objetivo:	Software para auxílio ao desenvolvimento do programa brasileiro de Regulamentação de Eficiência Energética em Edificações.
<b>9. Título:</b>	<b>TROPLUX 3.0</b>
Tipo do recurso:	Animação/simulação
Objetivo:	Software voltado para a melhoria da qualidade da iluminação natural em edificações.
<b>10. Título:</b>	<b>DAYSIM</b>
Tipo do recurso:	Animação/simulação
Objetivo:	Propicia aos usuários modelar sistemas de fachadas dinâmicas que vão desde persianas padrão para elementos de state-of-the-art de reorientação da luz, glazings comutáveis e suas combinações. Os usuários podem especificar melhor os sistemas de iluminação elétrica complexos e controles.
<b>11. Título:</b>	<b>ENERGY PLUS E LEGACY OPEN STUDIO</b>
Tipo do recurso:	Animação/simulação

Objetivo: Propicia a simulação que os engenheiros, arquitetos e pesquisadores utilizam para modelar energia e uso da água em edifícios.

<b>12. Título:</b>	<b>APOLUX</b>
Tipo do recurso:	Animação/simulação
Objetivo:	O programa realiza cálculo de iluminação natural e artificial.
<b>13. Título:</b>	<b>SketchUp</b>
Tipo do recurso:	Animação/simulação
Objetivo:	Pode ser usado por qualquer atividade profissional que necessite desenvolver rascunhos de produtos tridimensionais. O SketchUp é utilizado principalmente para criar facilmente estudos iniciais e esbocos.

Foram escolhidos os softwares Analysis Bio e Analysis Sol-Ar desenvolvidos pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE), estes apresentam relevância para a estruturação do grupo e podem ser baixados gratuitamente disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares>, a saber:

- **Analysis Bio**, destinado a auxiliar no processo de adequação de edificações ao clima local. Para tanto, utiliza arquivos climáticos horários, presentes no Ano Climático de Referência, e arquivos resumidos na forma de Normais Climatológicas. (BORTOLI, 2014).
- **Analysis Sol-Ar**, um software gráfico que permite a obtenção da carta solar correspondente à latitude em que se encontra a edificação analisada, auxiliando no projeto de proteções solares. (BORTOLI, 2014).

Após a escolha dos softwares produziu-se um tutorial de utilização dos mesmos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados desta pesquisa foram elaborados tutoriais dos softwares Analysis Bio e Analysis Sol-Ar, que foram criados pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE). O LabEEE está vinculado ao Núcleo de Pesquisa em Construção do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Os softwares podem ser obtidos gratuitamente através do site <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares>.

A finalidade da elaboração destes tutoriais é facilitar a utilização dos softwares pelos demais membros do grupo de pesquisa em pesquisas futuras. Com isso, será possível obter um melhor aproveitamento nas pesquisas e no desenvolver do grupo.

### 5.1 Analisis BIO

O software Analysis Bio é destinado a auxiliar no processo de adequação de edificações ao clima local. Para tanto, utiliza de dados climáticos anuais, e possibilita que o usuário tenha uma percepção da estratégia necessária para o conforto térmico da região.

O softwares conta com dados bioclimáticos de algumas cidades já instalados em sua biblioteca e possibilita ainda a inserção de dados quando os mesmos não estiverem disponíveis.

Para inserção de dados, deve-se ter em mão as médias bioclimáticas mensais no período de um ano, tais como, temperatura, umidade e pressão.

O programa expõe os dados climatológicos inseridos na forma de carta psicrométrica (figura 01) e indica a melhor estratégia climática para cada época do ano, de acordo com os dados.

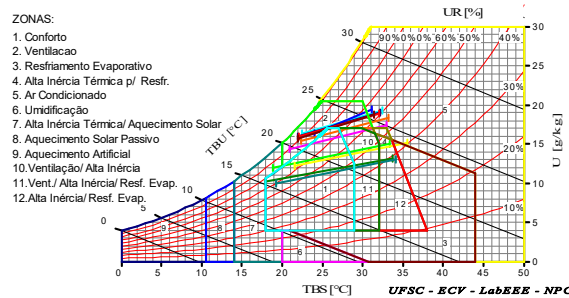


Figura 01 – Exemplo de Carta Psicrométrica gerada pelo programa

### 5.1.1 Reconhecimento do programa

O software possui uma barra de ferramentas na sua parte superior, onde cada botão possui sua determinada função (Figura 02). Vale ressaltar que dentre as principais ferramentas do programa estão:

- Análise Bioclimática TRY e Análise Bioclimática CSV: Oferece os dados climáticos da Carta Psicrométrica de um ano de referência através de um arquivo nos formatos \*.try ou \*.csv.
- Inserir Normais Manualmente: Permite cadastrar uma cidade no programa através dos dados bioclimáticos mensais ao longo de um ano.

É possível ainda fazer a cópia de uma carta psicrométrica gerada no programa.



Figura 02 – Tela inicial do software Analisis Bio

Ao utilizar o software para análise bioclimática com um arquivo \*.csv aparecerá uma carta psicrométrica vazia com um quadro de coordenadas e um menu auxiliar, como na imagem a baixo (Figura 03).

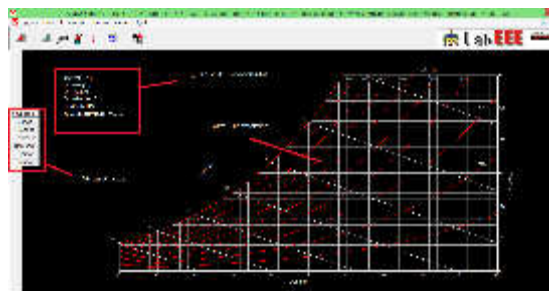


Figura 03 – Carta Psicrométrica gerada

No menu auxiliar é possível gerenciar formas para a melhor análise dos dados disponíveis da cidade em estudo. Em “Opções”, ainda no menu auxiliar abrirá uma janela de filtros para indicar as melhores opções de visualização da carta em determinado período do ano.

Através da opção “Relatórios” é possível avaliar os dados de forma gráfica ou descritiva (Figura 04).

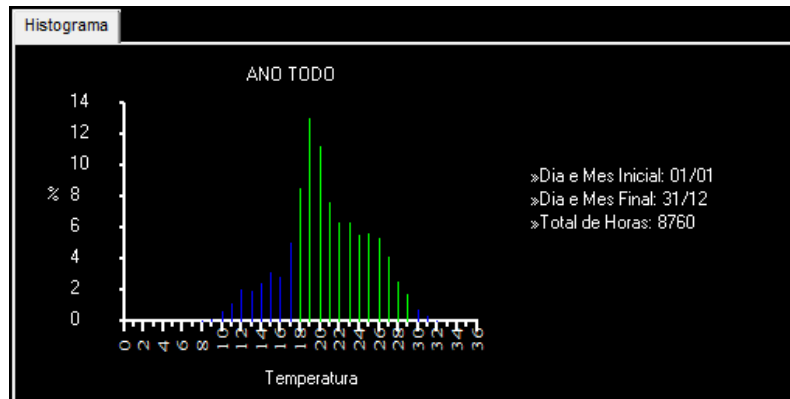


Figura 04 – Exemplo de gráfico

## 5.2 Analysis Sol-Ar

O software Analysis Sol-Ar é destinado à obtenção da carta solar correspondente à latitude em que se encontra a edificação analisada, auxiliando no projeto de proteções solares (Figura 05). Oferece a possibilidade de análise da rosa dos ventos, com a frequência de ocorrência dos ventos e velocidade média para cada estação do ano.

A partir do programa é possível analisar a carta solar de determinadas cidades pré-existentes no banco de dados ou de acordo com a latitude, visualizar outras regiões. Ainda é possível analisar a ventilação com o programa expondo a rosa dos ventos da localidade (Figura 06).

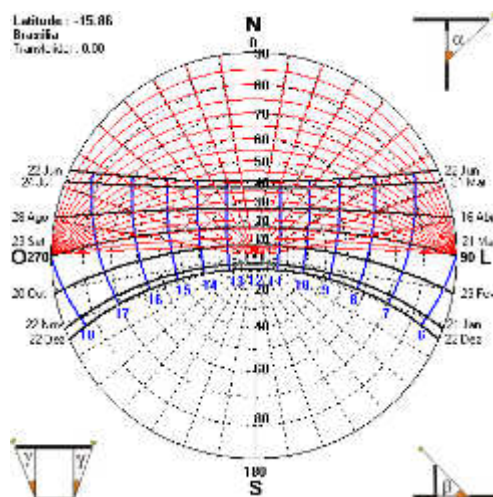


Figura 05 – Exemplo de Carta Solar gerada pelo programa

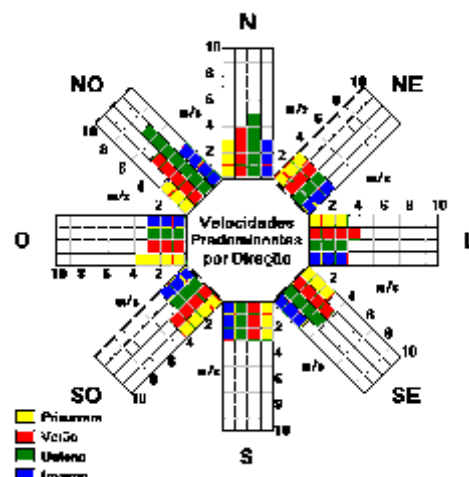


Figura 06 – Exemplo de Rosa dos Ventos do programa

### 5.2.1 Reconhecimento do programa

Todas as funções do programa giram em torno das opções Carta Solar e Rosa dos Ventos, disponíveis na aba Arquivo na barra de ferramentas (Figura 07).

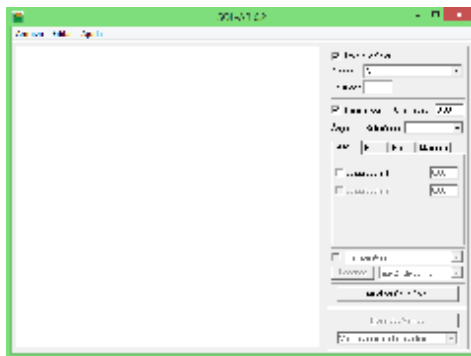


Figura 07 – Tela Inicial do programa

Note que na parte da direita possui um menu onde é possível indicar a cidade a ser estudada. No campo cidade, ao selecionar uma das cidades listadas, aparecerá uma carta solar do local com os períodos de insolação do local. Abaixo, existe a opção “Orientação” onde coloca-se a orientação da fachada em estudo, em relação ao Norte (Figura 08).

No exemplo acima, está a cidade de Brasília e uma fachada de 30 graus. A carta solar indica o período em que a fachada receberá a incidência solar. Para analisar a rosa dos ventos, basta clicar na opção abaixo no menu direito, que gera um diagrama – Rosa dos ventos conforme a figura 09.

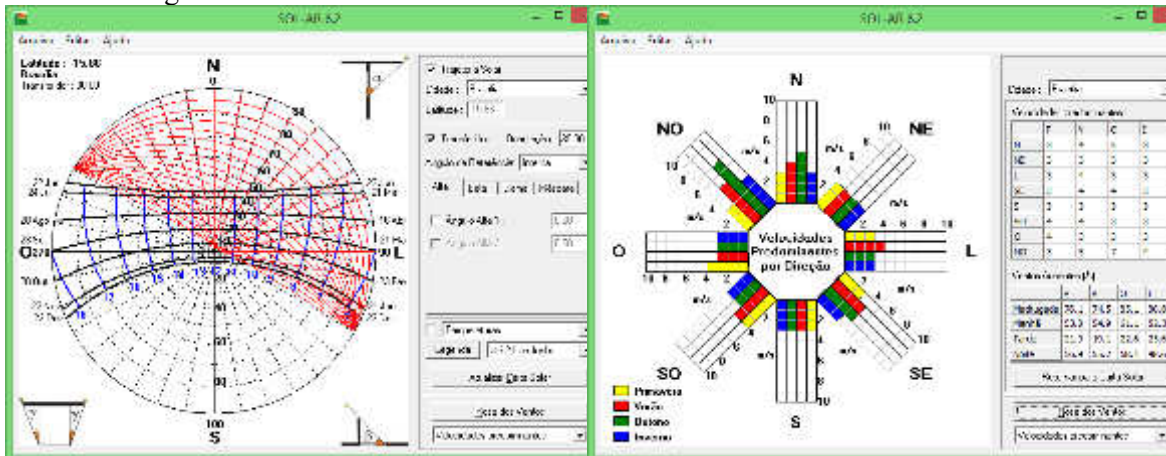


Figura 08 – Exemplo de utilização do programa

Figura 09 – Rosa dos ventos

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho permitiu introduzir a utilização de programas de computador relacionados à adequação ambiental das edificações. Estes programas simulam as condições ambientais de determinado local e relacionam com a edificação proposta, e propõem a partir de seu resultado diretrizes construtivas, sendo consideradas importantes ferramentas a ser utilizada pelos projetistas.

Projetar com diretrizes que levam ao conforto térmico de uma edificação, torna-se um diferencial que na atualidade deve ser bastante visada por engenheiros e arquitetos. A utilização de materiais e tecnologias com alta eficiência térmica é possível graças à introdução de softwares de simulação computacional que ampliou a visão de projetistas.

Os tutoriais, produto final deste plano de trabalho em iniciação científica e tecnológica (PIBITI), financiado pelo CNPq, serão utilizados pelos demais membros do grupo de pesquisa, cumprindo assim a intenção de colaborar com a estruturação do grupo e capacitação dos membros. Como desdobramento destas atividades destaca-se a necessidade de treinamento dos demais membros do grupo TEMAS e o estudo de novos softwares para utilização em pesquisas futuras.

## REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, L. **Uso Das Cartas Solares: Diretrizes Para Arquitetos**. Maceió, 2004.

BORTOLI, Karen Carrer Ruman de; SARAMAGO Rita de Cássia Pereira. **PROJETO DE PESQUISA. Desenvolvimento de tutoriais de softwares da série Analysis. Analisis Solar e Analisis Bio**. LabEEE, 2014. Disponível em: < <http://www.labeee.ufsc.br/>> Acesso em: 01/08/2015

CARLO, J. C. **Processamento De Arquivos Climáticos Para Simulação Do Desempenho Energético De Edificações**. Florianópolis – SC, 2012.

CUNHA, E. G. **Elementos De Arquitetura De Climatização Natural**. Porto Alegre – RS. Masquatro, 2006.

LIMA, Mariana Brito de. **Casas Saudáveis em ambiente sustentável: Ecovila no Semi-árido nordestino com ênfase na bioclimatologia e na sustentabilidade**. Trabalho Final de Graduação (monografia). Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005.

NETO, A. P. **Aplicação De Simulação Computacional Na Área De Conforto Ambiental E Eficiência Energética Do Curso De Arquitetura E Urbanismo**. Rio de Janeiro – RJ, 2011.

ROAF, S. **A Adaptação de Edificações e Cidades às Mudanças Climáticas**. São Paulo: Bookman, 2009.

SARAMAGO, R. C. **Aplicação De Simulação Computacional Na Área De Conforto Ambiental E Eficiência Energética Do Curso De Arquitetura E Urbanismo**. Uberlândia – MG, 2012.

TRINDADE, Sileno Cirne. **Simulação computacional como ferramenta de auxílio ao projeto: aplicação em edifícios naturalmente ventilados no clima de Natal/RN** / Dissertação de Mestrado PPGAU UFRN. Sileno Cirne Trindade. – Natal [RN], 2006.

VIGGIANO, Marcos. **Projetando com Diretrizes Bioclimáticas**. Disponível em: < [www.casaautonoma.com.br](http://www.casaautonoma.com.br)> Acesso em: 22.10.04