

AVALIAÇÃO DE PROTÓTIPO HABITACIONAL NO PROJETO CETHS SOBRE ASPECTOS DE VENTILAÇÃO E INSOLAÇÃO

MAIA, Marco Antônio Lopes; MANFREDINI, Constance; BEVILACQUA, Décio; SATTLER, Miguel Aloysio

PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
NORIE – Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação
Av. Osvaldo Aranha, 99 – 3º andar, CEP 90035-190 – Porto Alegre – RS
Tel.: (51) 3316.3900; Fax: (51) 3316.4054
e-mail: marco.maia@terra.com.br

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise de dados de conforto ambiental, relativos as condições de ventilação e insolação, para o protótipo habitacional *Casa Verena*, implantado no Projeto CETHS – Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis, na cidade de Nova Hartz, Rio Grande do Sul.

É feita uma descrição das condições do espaço urbano e das características do protótipo habitacional. Após uma apresentação das condições climáticas da região de Porto Alegre, são apresentados alguns conceitos relativos a área de conforto ambiental e através de aplicação desses conceitos e do uso de softwares computacionais de apoio, são avaliadas as condições reais e locais para a implantação do modelo. Também sugere possíveis estratégias para melhorias do protótipo ou projetos semelhantes.

ABSTRACT

This work presents an analysis on the ventilation and shading aspects in a prototype house (*Casa Verena*) built in the CETHS Project area (Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis) in Nova Hartz, Rio Grande do Sul state, as a part of an experimental sustainable settlement.

Some environmental comfort strategies and specialized software were used to improve the analysis and prediction of the local conditions at the settlement. This will make possible the proposition of some new strategies, to be incorporated in the project, or to create more efficient prototypes in future applications.

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo simular o desempenho de um protótipo de habitação social, em relação à **insolação** e **ventilação**, desenvolvido pela arquiteta Verena Schmidt Baldoni, mestrande do NORIE – UFRGS (BALDONI, 2001). Espera-se, com os resultados apresentados aportar contribuição à série de trabalhos, que vêm sendo desenvolvidos, quanto ao desempenho dos diferentes sistemas construtivos propostos nos estudos e trabalhos do NORIE-UFRGS.

A área de implantação do Projeto CETHS, onde insere-se o protótipo habitacional, é a cidade de Nova Hartz, no Rio Grande do Sul. A cidade é caracterizada como de pequeno porte, com aproximadamente 15.000 habitantes, localizada na região metropolitana de Porto Alegre, de onde dista cerca de 65 km. Possui uma área municipal em torno de 60 km² e está localizada na base de uma serra, abrangendo cotas entre 20 m e 600 m (CETHS, 2001).

O CETHS foi projetado, diferindo dos assentamentos tradicionais, contemplando aspectos de sustentabilidade. A área destinada ao projeto foi dividida em 49 lotes de cerca de 18,25 m por 11,00 m. O lote onde foi implantado o protótipo em questão (figura 1), aos fundos, faz divisa com outros lotes do mesmo assentamento, e na parte frontal, é servido por uma via de circulação. As casas são implantadas com afastamentos das divisas. No pátio frontal, estão previstos o plantio de árvores, jardins e tanques de coleta de água da chuva. Ao fundo, estão previstos o plantio de árvores de grande porte e a implantação de uma horta mandala, com hortaliças e ervas. Ressalta-se que o protótipo é equipado com coletores solares para aquecimento de água, recolhimento e uso da água da chuva e utilização de materiais com menor conteúdo energético.

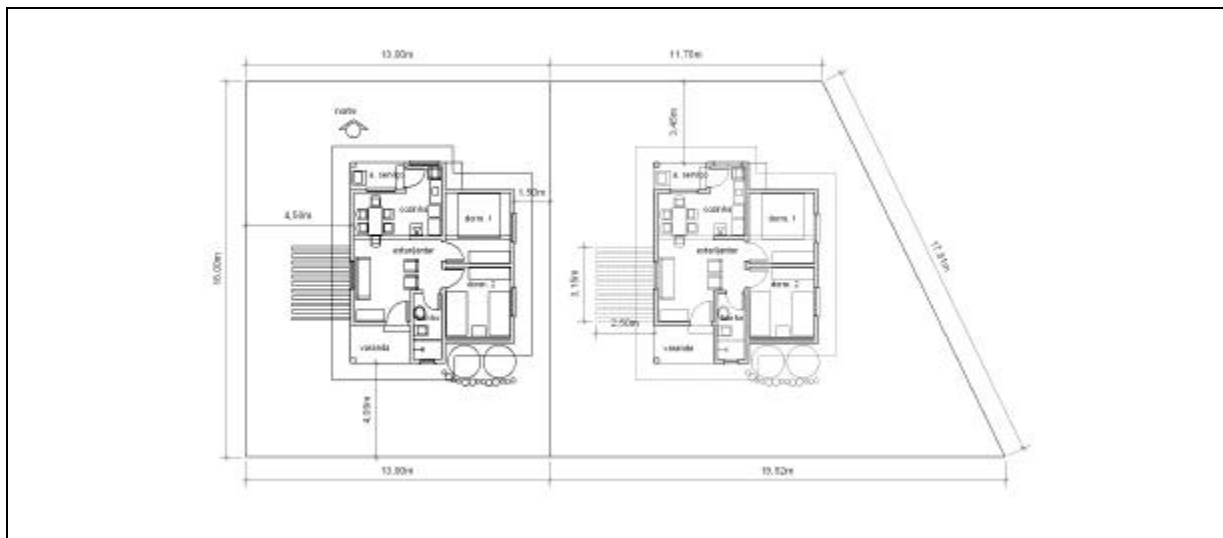


Figura 1: implantação da habitação no terreno (BALDONI, 2001)

1.1 Condições Climáticas para a Cidade de Porto Alegre

Devido à falta de dados climáticos específicos para Nova Hartz, e considerando-se a sua proximidade com o município de Porto Alegre, optou-se pela utilização de dados relativos à mesma. A cidade de Porto Alegre localiza-se na porção leste da região denominada como Depressão Central do estado do Rio Grande do Sul, a uma longitude de $-51^{\circ} 13'$ e latitude de $-30^{\circ} 02'$. Numa altitude média de 46 m, delimita-se a oeste com o estuário do rio Guaíba e aproximadamente a 100 km (a oeste) do Oceano Atlântico. De acordo com Mascaró (1996) esta localização confere à cidade características climáticas de uma região subtropical úmida, onde a temperatura média anual é de $19,5^{\circ}\text{C}$ e as temperaturas extremas oscilam entre $40,7^{\circ}\text{C}$ e $-2,4^{\circ}\text{C}$.

Porto Alegre tem uma grande variação climática ao longo do ano. O período de horas de conforto é de apenas 22,4% das horas, enquanto o período de desconforto equivale a 77,5% das horas do ano. Do período de desconforto 25,9% das horas são provocadas por calor excessivo e 51,6% por frio (LAMBERTS, 1997). Os padrões de direção, frequência e velocidade dos ventos, são apresentados na Tabela 1 (RIVERO, 1986)

Tabela 1: ventos predominantes para a região de Porto Alegre

PERÍODO	DIREÇÃO	FREQUÊNCIA	VELOCIDADE	
			Com calmaria	Sem calmaria
VERÃO	Leste (E)	22%	máx. 2,0 m/s mín. 1,6 m/s	máx. 2,6 m/s mín. 2,4 m/s
	Leste sudeste (ESE)	17%		
	Sudeste (SE)	14%		
	Sul (S)	11%		
INVERNO	Leste sudeste (ESE)	17%	máx. 1,8 m/s mín. 1,0 m/s	máx. 2,6 m/s mín. 2,0 m/s
	Sul (S)	11%		
	Oeste (W)	8%		

2. INSOLAÇÃO

A análise do protótipo em questão, no que diz respeito à insolação, se refere às influências do sombreamento das unidades entre si (no conjunto da implantação) e aos coeficientes de sombreamento proporcionados pelas aberturas em situações críticas dentro do projeto.

Para tal avaliação, são usadas três ferramentas computacionais de apoio: software **Art*lantis v4.0.1** produzido por *Abvent S.A.* (2000); software **Vectorworks v8.5.1** produzido por *Diehl Graphsoft Inc.* (2000); software **SunTool v.1.10** (The Solar Tool) do Dr. Andrew Marsh, produzido por *SQUARE ONE Research PTY Ltd.* (2000).

O modelo básico de estudo foi gerado em três dimensões no software **Vectorworks**. As aplicações de texturas e simulações de implantação das edificações (fotorrealismo), foram executadas no software **Art*lantis** e, por fim, os dados quantificados de sombreamento, posicionamento solar e informações complementares foram gerados no software **SunTool**.

Para a simulação foram selecionados um dia típico de verão e um de inverno. Foram adotados os dias 19 de fevereiro e 11 de julho, característicos do nível 2,5% abaixo da temperatura máxima e acima da mínima, registrada no período para verão e inverno, respectivamente (SATTLER, 1989). Os quadros foram gerados no período das 9 horas da manhã até as 17 horas da tarde, visualizados hora a hora e por diferentes pontos de vista, através de simulação computacional.

São apresentados a seguir os dados comparativos horários para sombreamento, nos dias típicos de verão e inverno, visualizados a partir de um dos posicionamentos adotados na simulação.

2.1 Avaliação para Situação de Verão

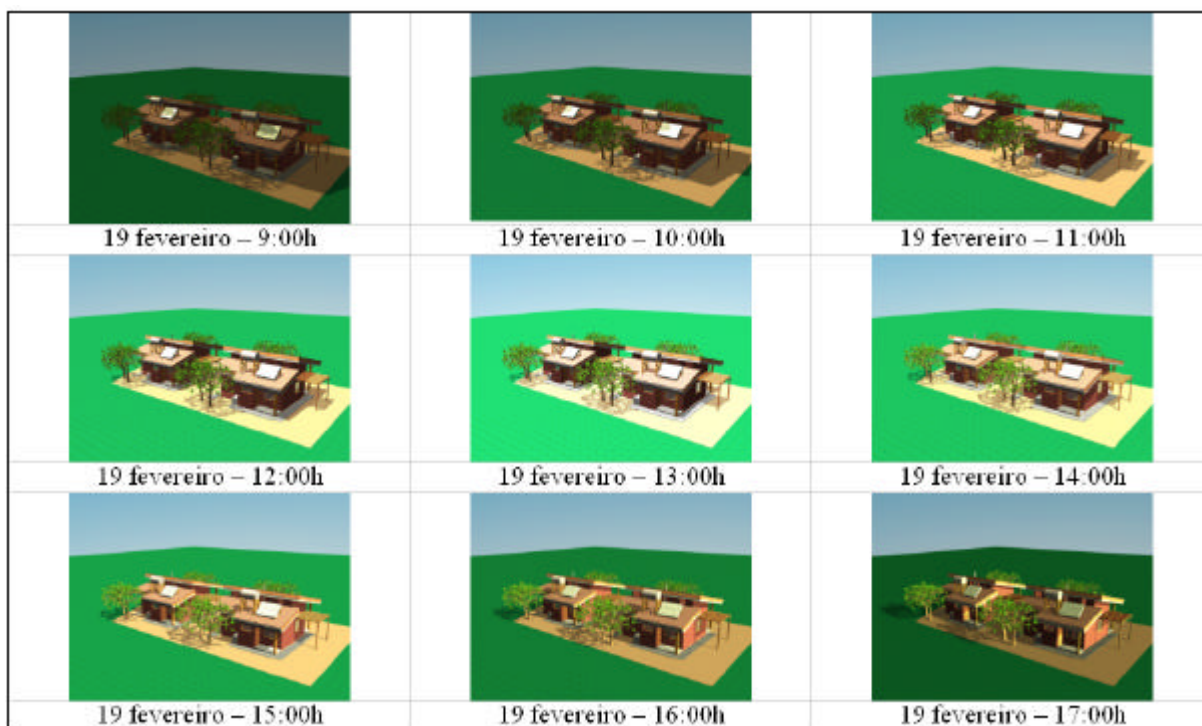


Figura 2 – Simulação para a situação de verão

A partir da análise dos dados da simulação, para o período de verão (figura 2), foi possível efetuar as seguintes constatações:

- no período entre 9:00 e 12:00 h a sombra do reservatório de água quente encobre de forma significativa o módulo coletor solar. Como solução parcial, o coletor pode ser deslocado, minimamente, para a região mais a oeste da cobertura;

- o pergolado, colocado na fachada oeste, apresenta função de sombreamento efetivo apenas a partir das 14:00 h. No período anterior a este horário sofre sombreamento da própria edificação;
- a abertura superior é sombreada pelo beiral do telhado;
- as árvores previstas no desenho de implantação para face norte, sombreiam, no início da manhã e à partir das 16:00 h, o lote vizinho; não protegendo efetivamente a edificação. Porém, possuem função efetiva quando analisadas em conjunto – no final da tarde as árvores do lote anterior protegem a varanda de serviço da casa seguinte;
- a área de influência de sombra de uma edificação sobre a outra, para os afastamentos previstos no projeto, não chega a ser prejudicial nem nos períodos críticos da manhã e da tarde;
- a vegetação da face sul (frente da edificação) produz sombreamento na calçada – situação de interesse para estacionamento de veículos ou para conforto dos transeuntes;
- o reservatório de água da chuva, posicionado na fachada sul, prejudica a ventilação da mesma e contribui para o aumento da umidade no local. Porém a estratégia projetual é compreensível, pois a cobertura voltada para o sul apresenta menores ganhos térmicos do que uma voltada para o norte.

2.2 Avaliação para Inverno

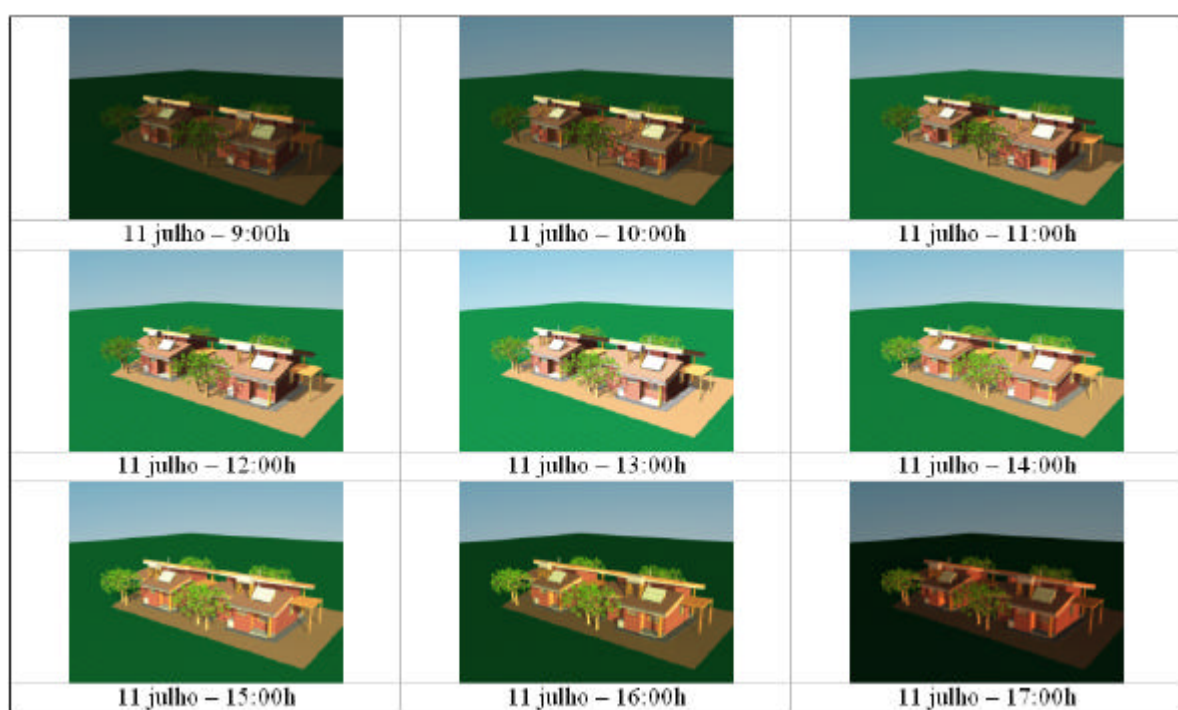


Figura 3 – Simulação para a situação de inverno

A partir da análise dos dados da simulação, para o período de inverno (figura 3), foi possível efetuar as seguintes constatações:

- o coletor solar é menos afetado pelo sombreamento do que na situação de verão, ficando parcialmente encoberto até às 11:00 h;
- uma das aberturas da sala de jantar, localizada na fachada norte, quase não recebe insolação direta, devido à profundidade da varanda e a vegetação. O sol começa a penetrar na edificação, de forma modesta, a partir das 15:00 h, mas, às 16:00 h começa a ser afetada pelo sombreamento da vegetação, do lote vizinho. Já a outra abertura desta peça, localizada na fachada oeste, é influenciada pelo pergolado. Assim, deve-se ressaltar a utilização de espécies caducifólias, na fachada norte e no pergolado, com o intuito de melhorar as condições de insolação;
- a abertura superior é sombreada pelo coletor solar e pelo reservatório;

- a partir das 15:00 h há influência da sombra de uma edificação na outra. Nestas condições seria favorável um afastamento um pouco maior das edificações ou desalinhamento das mesmas (a ser estudado);
- a frente da edificação permanece com sombreamento constante durante todo o período de horas da avaliação. Conseqüentemente a varanda principal, espaço de permanência, também não recebe insolação. Desta forma se reforça a idéia de utilização de vegetação caducifólia no norte, para que se tenha uma região do lote mais ensolarada.

2.3 Análise das Aberturas para as Situações Críticas dentro do Projeto

Como complemento às simulações, vistas anteriormente, foram analisados os dados obtidos através da avaliação das aberturas críticas do protótipo avaliado – dormitórios 1 e 2 e sala – com o auxílio do software **SunTool v.1.10** (MARSH, 2000) que gera os **coeficientes de sombreamento** anuais (mês a mês) e diários (hora a hora) para os dias críticos adotados na presente avaliação.

As três aberturas críticas de projeto, cada qual, localizada na parte central da parede do espaço correspondente, possuem dimensão padrão de projeto, de 1,20 m x 1,20 m e peitoril de 90 cm.

- **Abertura do Dormitório 1 – Verão (leste):** A média do coeficiente de sombreamento é de apenas 20,3% para o período de verão. Porém, sendo esta fachada orientada para leste, é vantajoso termos incidência de luz direta, porém sem penetração intensa de luz solar de forma que tenhamos uma insolação dita higiênica. Notamos que, para o dia crítico, a simulação demonstra que não haveria, em princípio, a necessidade de algum tipo de dispositivo de proteção para este ambiente, pois não há incidência de sol direto (fora no período da manhã) de forma significativa para o período. O beiral do telhado apresentou-se suficiente para garantir uma condição ótima de conforto.

- **Abertura do Dormitório 1 – Inverno (leste):** A média do coeficiente de sombreamento é de apenas 2,2% para este período. Aqui também verificamos uma situação de conforto, por ser este um período onde a presença de uma maior intensidade luminosa e da penetração solar, são necessários.

- **Abertura do Dormitório 2 – Verão (leste):** Afora a diferença do percentual de sombreamento em relação a abertura do dormitório 1 para situação de verão, que muda para 15,8%, podemos usar as mesmas considerações devido a orientação para o espaço em questão. As diferenças numéricas encontradas na simulação, dizem respeito apenas a uma diferença de altura do beiral.

- **Dormitório 2 – Inverno (leste):** Neste caso vale o mesmo que o item anterior. Consideramos a avaliação para o dormitório 1 no inverno, pois o percentual de sombreamento para este espaço é insignificante – não tão diferente da outra avaliação – tendendo a 0%.

- **Sala – Verão (oeste):** Para esta situação, inclui-se na simulação a presença do pergolado previsto para proteção da fachada crítica da edificação. O coeficiente subiu para 75,1% no período de verão, mostrando que a utilização de vegetação caducifólia neste pergolado ajuda intensivamente na proteção para esta orientação.

- **Sala – Inverno (oeste):** Aqui também a avaliação mostra resultados satisfatórios. O percentual de 48,4% para o dia crítico de inverno mostra uma redução considerável no índice de sombreamento deste espaço em relação à situação de verão, aumentando o índice de claridade para o aposento e melhorando a percepção de conforto no período de frio mais intenso.

3. VENTILAÇÃO

A ventilação adequada de um ambiente deve cumprir as exigências **térmicas** e **higiênicas**. Considerando que a localização da implantação do projeto é uma localidade próxima da cidade de Porto Alegre, em que o clima tem períodos de inverno mais rigoroso e verões bastante úmidos e calorosos, é necessário obedecer a uma **exigência térmica** maior, para os períodos quentes e úmidos (MASCARÓ, 1991).

A **exigência higiênica** deve ser satisfeita em qualquer época do ano, independente de ser quente ou fria a condição do ar. Neste caso, a ventilação deve ser efetiva no inverno e verão, com a condição de

facilidade de controle das aberturas. A tabela 2 coloca a quantidade de ar fresco requerido por pessoa por hora (RIVERO, 1986).

Tabela 2: ventilação mínima necessária (Fonte: RIVERO, 1986)

Espaço disponível por pessoa m^3	Ar fresco requerido por pessoa (m^3/h)		
	Mínimo	Valores recomendados	
		Sem fumar	Fumando
03	40,7	61,2	81,4
06	25,6	38,5	51,1
09	18,7	28,1	37,4
12	14,4	21,6	28,8

Para uma verificação efetiva da **ventilação higiênica** (baseada na tabela 2), as quantidades mínimas de ar, recomendadas para os diversos compartimentos do protótipo, são apresentadas na tabela 3.

Tabela 3: ventilação higiênica

Compartimento	Pessoas	Área	Volume	Recomendado por pessoa	Recomendado considerando n. pessoas
Dormitório 1	02	8,40m ²	30,04m ³	21,6 m^3/h	43,20 m^3/h
Dormitório 2	02	8,40m ²	30,04m ³	21,6 m^3/h	43,20 m^3/h
Sala / Jantar	04	15,80 m ²	56,13m ³	21,6 m^3/h	86,40 m^3/h
Cozinha	02	4,50 m ²	10,80m ³	38,5 m^3/h	77,00 m^3/h
Banheiro	01	3,36 m ²	8,06m ³	28,1 m^3/h	28,10 m^3/h

A quantidade e velocidade de ar que circulam pela habitação dependem das dimensões das aberturas de entrada e saída. Estes valores são calculados através da equação abaixo (RIVERO, 1986):

$$Va = Ae \cdot N \cdot v \quad [Eq. 01]$$

Onde, Va = volume total de ar renovado (m^3/h); Ae = à área da abertura por onde entra o ar (m^2); As = à área da abertura por onde sai o ar (m^2); N = um valor que depende da relação As/Ae (quando o valor se aproxima de 2, utiliza-se $N = 760$); v = a velocidade inicial do ar (km/h).

- Cálculo para dormitórios 1 e 2, com incidência de ventos do leste:

$$Va = 3.447,36 \text{ m}^3/h \text{ (com calmaria)} \quad | \quad Va = 4.924,80 \text{ m}^3/h \text{ (sem calmaria)}$$

- Cálculo para o estar e jantar com a incidência de ventos do sul:

$$Va = 5.909,76 \text{ m}^3/h \text{ (com calmaria)} \quad | \quad Va = 8.208,00 \text{ m}^3/h \text{ (sem calmaria)}$$

Pelos resultados verificados, pode-se concluir que as dimensões das aberturas, dos diversos compartimentos, são suficientes para propiciar uma ventilação adequada ao protótipo simulado, tanto na questão higiênica quanto no que diz respeito ao resfriamento térmico, devido ao grande fluxo de ar que circula, nos ambientes avaliados, nas situações ideais de utilização das aberturas.

3.2 Considerações para a situação de verão e de inverno

A circulação do ar no interior dos compartimentos, foi esquematizada, nas figuras a seguir:

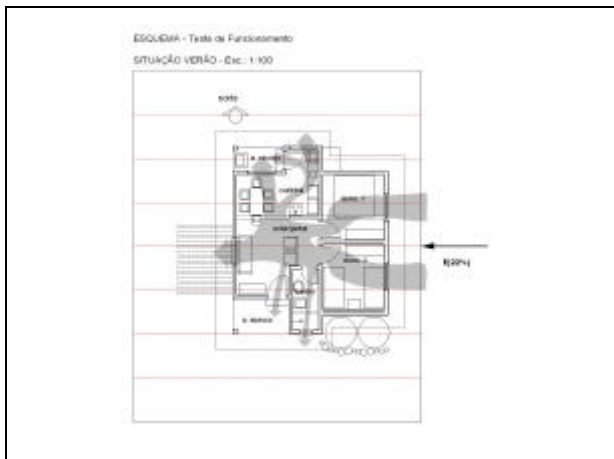


Figura 4: esquema de fluxos de ar no interior da edificação para orientação leste

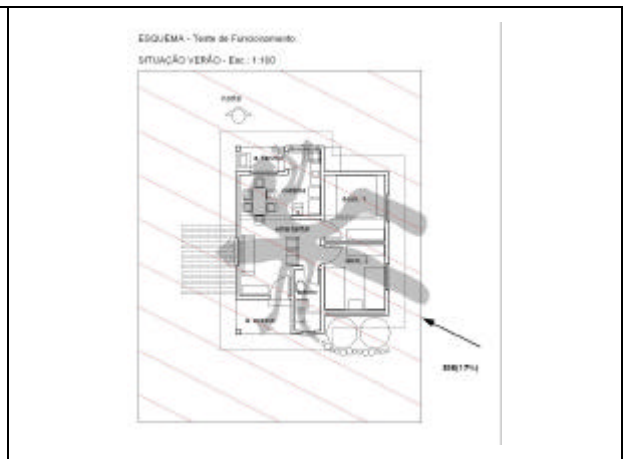


Figura 5: esquema de fluxos de ar no interior da edificação para orientação leste-sudeste

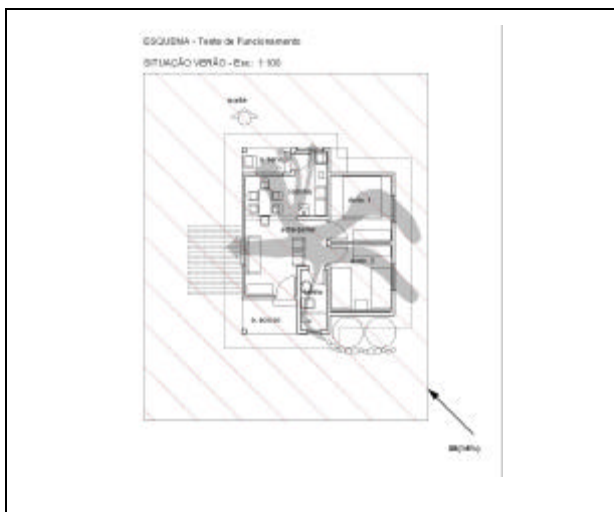


Figura 6: esquema de fluxos de ar no interior da edificação para orientação sudeste

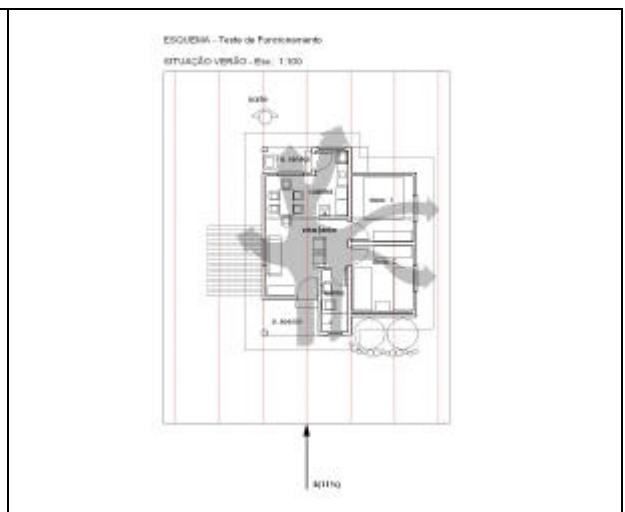


Figura 7: esquema de fluxos de ar no interior da edificação para orientação sul

Para o **verão** é recomendado que: janelas, portas internas e, quando possível, portas externas, permaneçam abertas, bem como a janela superior e a abertura de ventilação do telhado.

Para situações, com as direções predominantes dos ventos na região, durante o **verão** (E, ESE e SE) observa-se que os espaços mais bem ventilados são: os dormitórios, a circulação e parte da sala de estar. No entanto, o dormitório 2, mais a sul, é prejudicado pois a região onde situam-se as camas não apresenta ventilação efetiva. Uma das camas quase não recebe fluxo direto e a outra concentra o fluxo de ar recebido na região dos pés.

Os espaços menos ventilados são: o banheiro e regiões da sala de jantar/estar e da cozinha. Se o banheiro tivesse uma pequena abertura orientada para leste, seria mais bem ventilado, porém os odores poderiam ser levados para outras partes da casa. Quando o vento é sul os dormitórios sofrem prejuízos significativos quanto à ventilação. A varanda, planejada para ser um espaço de permanência, fica prejudicada em termos de ventilação, em virtude de uma *saliência* do banheiro. Quando há vento leste, as *caixas d'água* afastam ainda mais os ventos da varanda.

Para o **inverno** recomenda-se o fechamento das portas internas e externas, e da abertura de ventilação do telhado. As janelas, incluindo a superior, devem ficar abertas o mínimo possível, a fim de estabelecer a ventilação higiênica. Devido a estas recomendações, e contando com a estanqueidade das esquadrias, não é necessário fazer os esquemas demonstrativos dos fluxos de ar no interior da edificação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exame dos dados levantados através da simulação permitiu estabelecer um conjunto de relações que traduzem uma maior ou menor eficiência do sistema construtivo adotado na obtenção do conforto térmico. Na simulação de insolação o protótipo apresentou aspectos positivos e negativos. Considerou-se positiva a orientação das aberturas dos dormitórios que no período de verão recebem insolação profunda pela parte da manhã. No período de inverno a insolação destas aberturas é menor. A simulação de sombreamento caracteriza um projeto habitacional com boa insolação.

É evidente que uma orientação solar ótima para os dormitórios seria o norte/nordeste. O lado oeste recebe insolação profunda pela tarde no verão. No entanto, os efeitos mais nocivos neste período, em termos de conforto, podem ser amenizados pelo sombreamento resultante do pergolado. No período de inverno esta insolação é favorável, a vegetação caduca permite maior penetração dos raios solares pela parte da tarde. O software utilizado permitiu adequado entendimento da insolação e sombreamentos provocados pelos elementos construtivos e pelas orientações do protótipo.

Quanto à ventilação sabemos que quaisquer elementos, relevos ou saliências, que se colocam no caminho do vento, podem alterar sua circulação. Desta forma, para melhor entender o desempenho da ventilação no protótipo, seria necessário a utilização de túneis de vento, sendo necessário para tanto, um laboratório de conforto ambiental com equipamentos específicos. Embora com deficiências, a simulação de circulação do ar demonstrou que o maior problema encontra-se no lado leste da edificação, quando outros elementos construtivos ou vegetação servem de barreira.

Os ventos de leste não contribuem para uma efetiva ventilação na habitação, principalmente, por ela estar implantada entre outros protótipos do assentamento. A ventilação leste seria de extrema importância, uma vez que neste quadrante estão localizadas as aberturas dos dormitórios. Uma possibilidade de efetivar tal ventilação seria a utilização de elementos defletores da circulação de ar ou o deslocamento da posição dos protótipos no terreno, de forma a permitir que parte da fachada seja atingida pelo fluxo de ar. Para atingir um melhor desempenho de ventilação seria necessário considerar o conjunto do assentamento proposto, evitando assim, que as boas propostas do protótipo sejam prejudicadas pelo manejo do entorno.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABVENT S.A. **Art*lantis v4.0.1** (Software). França: 2000.

BALDONI, V. Projeto de pesquisa: **Tipologias para unidades habitacionais sustentáveis**. (não publicado). UFRGS, 2001.

CETHS – Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis
<<http://www.ppgec.ufrgs.br/norie/ceths/index2.htm>> consulta em: 10 de novembro de 2001.

DIEHL GRAPHISOFT INC. **Vectorworks v8.5.1** (Software). Columbia: 2000.

LAMBERTS, R. et al. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 192p. il.

MARSH, A. **SunTool v1.10: The Solar Tool** (Software). London: Square One Research PTY Ltd., 2000.

MASCARÓ, L. **Energia na Edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. Porto Alegre: Projeto Editores Associados, 1991.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural**. Porto Alegre: DC Luzzatto Editores, 1986.

SATTLER, M. A. **Notas de Aula de Habitabilidade**. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

SATTLER, M. A. **Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre**, Porto Alegre: CIENTEC, 1989.