

CONFORTO AMBIENTAL EM UM CONTEXTO DE SUSTENTABILIDADE O PROTÓTIPO ALVORADA

Telissa Frenzel da Rosa
Michele de Moraes Sedrez
Miguel Aloysio Sattler

Desde 1995, encontra-se em andamento o Protótipo Alvorada (PA), projeto desenvolvido pelo Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE), da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que se propõe a analisar o desempenho ambiental de um protótipo habitacional. Trata-se de um modelo destinado a populações de baixa renda, que se insere em um processo de busca pelo desenvolvimento de referenciais sustentáveis para a produção da habitação e do ambiente urbano. Estes referenciais devem compatibilizar variáveis relativas à produção e ao funcionamento das habitações e variáveis ambientais, partindo-se do pressuposto de que os processos tradicionais de obtenção e uso de energia geram impactos ao meio ambiente. Assim, a realização de projetos mais eficientes em termos energéticos, com a criação de boas condições de conforto, bem como a escolha de materiais de construção com menos energia incorporada, podem determinar a diminuição destes impactos. Nessa perspectiva, as estratégias bioclimáticas adotadas no projeto são monitoradas com o auxílio do programa Thermal Designs, para simular o desempenho térmico do protótipo e do Método do Fluxo Repartido, para analisar as condições de iluminação natural interna.

Ilustração de abertura

Oscar Niemeyer: estudo de um sistema de proteção solar. In: PAPANAKI, Stamo. *The work of Oscar Niemeyer*. New York: Reinhold, 1950.

Construção x consumo energético

O aumento dos custos da energia decorrente da crise do petróleo, em 1973, levou a uma reavaliação do seu uso em todos os setores. A partir daí, surgiram preocupações, que norteiam os pesquisadores até hoje, como a constatação de que a energia utilizada para produção e uso das edificações tem assumido um custo significativo e tem contribuído para a degradação do meio ambiente. O processo de produção do edifício, incluindo-se a fabricação e o transporte dos materiais até a sua aplicação final em obra, não é tão consumidor de energia quanto a que é gasta durante o período de utilização dos edifícios, durante sua vida útil. Na fase de uso das edificações, no caso de habitações, o consumo médio de energia é aproximadamente 50% maior do que na sua construção. Na construção dos edifícios, a etapa de maior consumo energético é a da fabricação de materiais, responsável pelo consumo de, aproximadamente, 96% da energia necessária para a sua produção.¹

Este quadro mostra que a alternativa a ser buscada é de aumento de eficiência no uso da energia, cabendo ao projetista a concepção de projetos que possibilitem a execução de edifícios mais eficientes, tendo como premissa o conforto dos usuários. Um edifício é mais eficiente em termos energéticos quando, com menor consumo de energia, proporciona as mesmas condições ambientais que outro edifício similar.² Uma maior eficiência energética, como medida de conservação nos diversos setores consumidores de energia, vem sendo incentivada no Brasil através de programas de conservação, como o Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica – PROCEL, criado em 1985 e transformado em programa de governo em 1991.

Segundo dados do PROCEL, o suprimento atual de energia elétrica no Brasil é da ordem de 308 TWh/ano.³ Se for mantido o atual padrão de consumo de energia, em 2015 haverá necessidade de suprimento de 782 TWh/ano. O setor residencial é o segundo maior consumidor, sendo superado apenas pelo setor industrial, que vem enfrentando, nos últimos tempos, um aumento médio no consumo de energia de 6% ao ano, tendo atingido, em 1999, cerca de 80 TWh/ano. Isso corresponde a 28% do total de energia elétrica produzida no país. Estima-se que cada consumidor desperdiça cerca de 10% da energia fornecida. Entre os motivos estão os hábitos adquiridos pelo consumidor como, por exemplo, utilizar a iluminação artificial durante o dia, quando esta não é necessária. Porém, muitas vezes, esse uso é imprescindível devido a um projeto arquitetônico mal elaborado.

¹ MASCARÓ, Juan. O consumo de energia nos edifícios. In: SEMINÁRIO DE ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA. Rio de Janeiro, 1983. *Anais*. São Paulo: CESP, 1985. p. 33-39.

² LAMBERTS, R.; DUTRA, L. & PEREIRA, F. O. R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: AU editores, 1997.

³ PROCEL. PROGRAMA DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível na Internet: <http://www.eletronbras.gov.br/procel/>, 1999.

A busca de eficiência energética pode trazer muitos benefícios para a sociedade, tais como: desenvolvimento tecnológico, garantia de energia na quantidade e no tempo necessários, economia nas contas de luz e conseqüente proteção ambiental. A proteção do meio ambiente deve ser encarada como prioridade para garantir a sobrevivência da humanidade. A geração, a distribuição e o uso da energia podem causar impactos negativos ao ambiente natural – modificação da paisagem e do clima – e danos aos ecossistemas, à fauna e à flora. O processamento da energia envolve necessariamente a exploração de recursos naturais e a emissão de resíduos ao meio ambiente. Um estudo realizado pelo PROCEL, juntamente com a COPPE/UFRJ, concluiu que a eficiência energética, até o ano 2010, deverá contribuir para evitar a emissão de cerca de 230 milhões de toneladas de carbono para a atmosfera, o que corresponde a quase 29% das emissões totais de gases estufa do setor elétrico brasileiro.⁴

⁴ PROCEL. *Op. cit.*

Além de benefícios econômicos e ambientais, a eficiência energética pode melhorar o uso e a qualidade do ambiente interno das edificações. Considerável economia de energia pode ser alcançada com o uso de estratégias passivas de controle ambiental e com a escolha de materiais de construção energeticamente mais eficientes.

Processo de elaboração do Protótipo Alvorada (PA)

O PA é um protótipo de habitação destinada a populações de baixa renda, que está inserido em um processo de busca pelo desenvolvimento de referenciais mais sustentáveis para a produção da habitação e do ambiente urbano. Sachs descreve uma habitação sustentável como aquela que considera fluxos eficientes de materiais e energia, utiliza tecnologias compatíveis com objetivos sociais, econômicos e ecológicos das comunidades e potencializa as ações de reeducação formal e informal.⁵

⁵ SATTLE, M. A. & BONIN, L. C. (coordenadores) *Projeto Protótipo de Habitação Sustentável* – Município de Alvorada. Porto Alegre: UFRGS/NORIE, 1999. (Trabalho não publicado).

O processo de desenvolvimento do PA teve início com a análise das idéias propostas no Concurso Internacional ANTAC/PLEA 95, *Design Ideas Competition Sustainable Housing for Poor*, que visou discutir novos parâmetros para políticas habitacionais, segundo princípios sustentáveis. A partir das idéias apresentadas, uma equipe composta por alunos e professores do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação – NORIE/UFRGS, passou a desenvolver um projeto de habitação para a cidade de Alvorada, através de convênio firmado com a Prefeitura desse município. Todo esse processo faz parte de um trabalho

maior, na qual está sendo desenvolvido o projeto CETHS – Centro Experimental de Tecnologias Habitacionais Sustentáveis, conjunto habitacional com objetivos demonstrativos e experimentais, a ser implantado na cidade de Nova Hartz, Rio Grande do Sul. O PA (figura 1) será uma das tipologias habitacionais a serem implantadas no CETHS.

A Prefeitura de Alvorada, com o desenvolvimento desse protótipo, tinha como objetivos qualificar e regularizar as atividades de construção, combater o déficit habitacional, reduzir impactos ambientais e possibilitar a geração de renda, já que o município tem alto índice de desemprego. Além desses objetivos pré-definidos foram caracterizados outros, como a qualidade do espaço construído segundo critérios de habitabilidade e mobilidade, a fim de propiciar maior qualidade de vida aos usuários da edificação.

Considerando os objetivos a serem alcançados, definiram-se diretrizes para o projeto do protótipo de habitação, que representam fatores determinantes do desempenho energético do mesmo, entre elas: a melhoria das condições de habitabilidade do interior da edificação e a escolha criteriosa dos materiais e sistemas construtivos. Condições desejáveis de habitabilidade resultam de projetos eficientes, que consideram a forma da implantação, a composição das aberturas, bem como a escolha dos materiais em favor do conforto do futuro usuário da edificação. Assim sendo, a obtenção dessas condições fica menos vinculada a *inputs* energéticos, tais quais o uso de climatização artificial. A escolha dos materiais de construção, por outro lado, deve considerar o consumo energético relacionado à extração das matérias-primas, ao processamento das mesmas, à montagem em obra e ao transporte necessário durante essas etapas.

Caracterização do Protótipo Alvorada

O protótipo consiste de uma residência unifamiliar, com um programa de necessidades típico de uma habitação para uma família pequena, incluindo dois dormitórios, sala e cozinha conjugados, banheiro, área de serviço e área de entrada, totalizando 48,50 m² de área construída. Está prevista sua ampliação através de um compartimento localizado junto à fachada Leste, conforme a figura 2. Neste trabalho, não foi analisada a proposta ampliada. Como o projeto utiliza técnicas passivas de controle ambiental, durante sua fase de elaboração, foram considerados dados como orientação solar e ventos predominantes. Daí, o protótipo ter a sua fachada principal voltada para a orientação Norte.



Figura 1:
Imagens do Protótipo Alvorada.

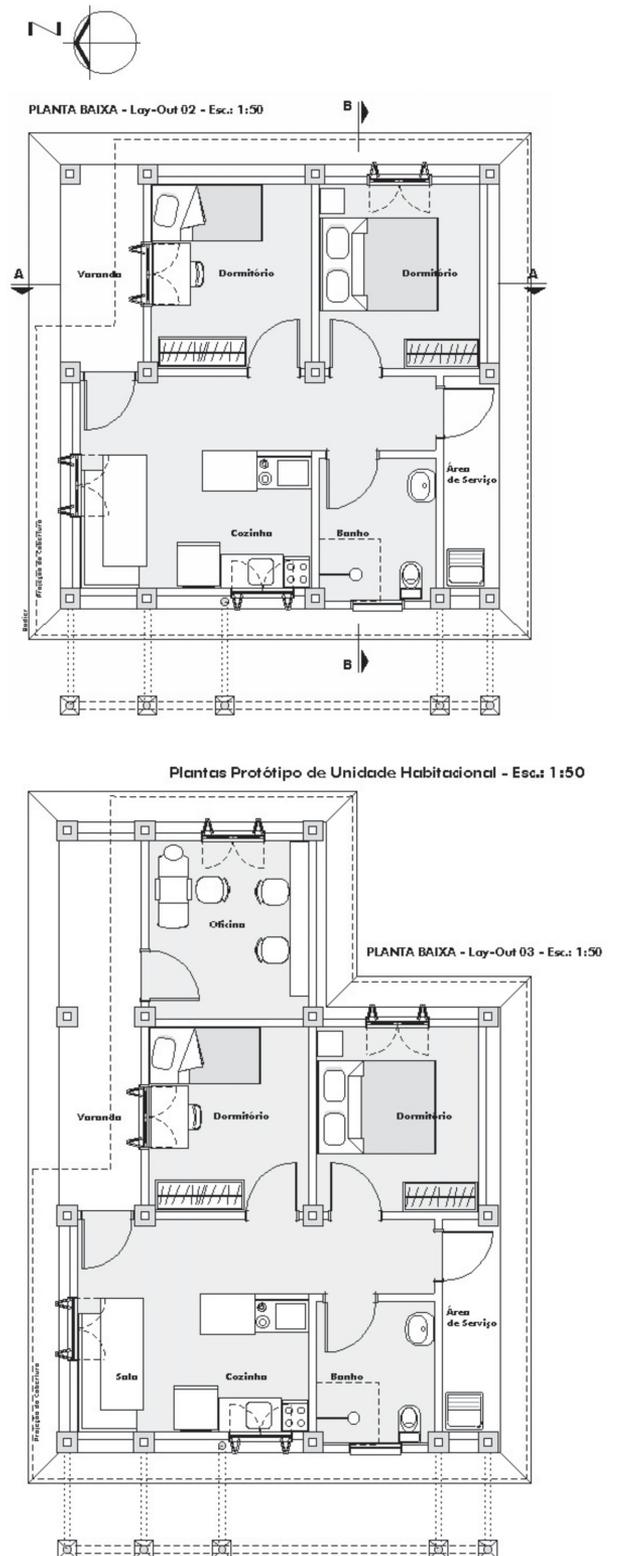


Figura 2:
Planta-baixa do Protótipo Alvorada
e proposta de ampliação.

Estratégias adotadas para ventilação

O PA foi projetado para permitir a ventilação cruzada no verão, visando abrandar as temperaturas no interior da edificação, e possibilitar a ventilação higiênica no inverno, promovendo a qualidade do ar interior.

Na situação de verão, procurou-se tirar proveito dos ventos predominantes do quadrante Leste (22% dos ventos de verão), contemplando as aberturas de um dos dormitórios e do compartimento proposto para ampliação (figura 3). Os demais compartimentos principais são voltados para a orientação Norte, por ser mais favorável à insolação, porém, não sendo tão eficiente quanto as condições de ventilação. Para minimizar este problema, foi projetada uma janela adicional na fachada Oeste da sala/cozinha, favorecendo a ventilação cruzada neste compartimento, considerado de uso prolongado. Nestes ambientes voltados para Norte, também foram propostas duas aberturas superiores do tipo máximo-ar, para possibilitar o fluxo de ar dentro da edificação através do “efeito chaminé” (figura 3).

Para evitar o excesso de ganho de calor pela cobertura, foi proposto um sistema de ventilação junto ao forro (figura 3). O sistema consiste da utilização de portinhola móvel nos beirais e abertura para a saída de ar na parte mais alta da cobertura (cumeeira). Durante o período de verão, a portinhola deve permanecer aberta, provendo ventilação adequada no espaço entre o forro e o telhado, o que reduz os ganhos de calor através da cobertura. No período de inverno, a portinhola deve ser mantida fechada, fazendo com que a câmara de ar não ventilada constitua uma barreira isolante térmica, evitando perdas de calor pela cobertura. Neste período, também deve-se procurar manter as portas internas fechadas e as janelas abertas o mínimo possível, para possibilitar a ventilação higiênica, mas sem gerar correntes de ar nos compartimentos.

Estratégias adotadas para diminuir os ganhos térmicos nos períodos quentes

Para minimizar os ganhos de calor pela edificação durante o verão, foi proposto um pergolado com vegetação caducifólia junto à fachada Oeste, a qual também recebeu revestimento de cor clara. Esta estratégia possibilita interceptar a radiação solar durante o verão, permitindo sua incidência no período de inverno quando as folhas caem. O mesmo pergolado é previsto, junto à fachada Norte, através da supressão de algumas telhas da cobertura da varanda, promovendo sombra sobre a superfície envidraçada do dormitório, no verão, e ingresso de radiação no inverno.

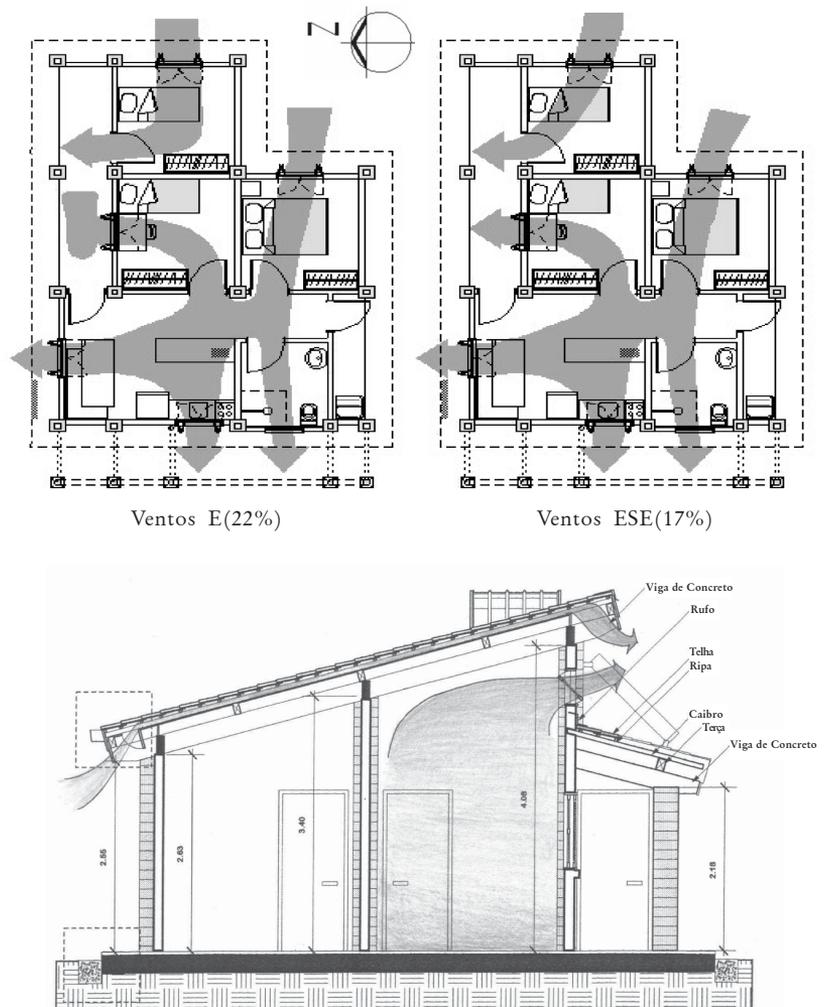


Figura 3: Esquema de ventilação para a situação de verão.

Desempenho térmico do Protótipo Alvorada

Para analisar o desempenho térmico de uma edificação, é necessário caracterizar o clima do local onde a mesma se situa e os componentes que a integram. A ferramenta de análise utilizada neste trabalho foi o programa THEDES, Thermal Design, elaborado por Sattler, que tem por objetivo analisar o desempenho térmico de edificações não condicionadas artificialmente.⁶

Caracterização do clima de Alvorada

Devido à inexistência de dados climáticos da cidade de Alvorada, foram utilizados os dados relativos a Porto

⁶ SATTLER, M. A. *The generation of climatic building design data from meteorological data, with particular reference to Porto Alegre (30° 02'S; 51° 13'W), Brasil*. Sheffield: University of Sheffield, Department of Building Science, 1986.

⁷ SATTTLER, M. A. *Op. cit.*, 1986.

Alegre, os quais, considerando a proximidade das duas cidades, permitem uma caracterização genérica do clima. A formatação destes dados foi feita por Sattler, que construiu, a partir deles, tabelas para os dias típicos de Porto Alegre.⁷ Foram considerados dias com nível estatístico de ocorrência de 10%, tanto para a situação de verão, como para a situação de inverno.

Caracterização dos componentes do protótipo

O programa THEDES simula o desempenho térmico de edificações a partir da inserção de características referentes aos componentes verticais externos, componentes verticais internos, cobertura e piso. A seguir, são apresentadas as características destes componentes e uma tabela (tabela 1) com as propriedades térmicas (transmitância) dos componentes externos, gerados pelo programa THEDES.

Tabela 1: Transmitâncias térmicas dos componentes externos.

Componente	Transmitância térmica (W/m ² K)
Paredes externas sem revestimento	2,9
Paredes externas com revestimento	2,7
Cobertura	1,2
Piso	1,1

Componentes verticais externos – Compreendem paredes, portas e janelas. As paredes são compostas de alvenaria de meio tijolo e pilastras (reforços das paredes), ambas de tijolos cerâmicos de 21 furos, de dimensões 9,5 x 10 x 22 cm, sendo que algumas recebem revestimento em argamassa com pintura em cor clara. As portas e janelas são em madeira de *Eucalyptus citriodora*, sendo que as janelas têm área média de 1 m², nas quais é usado vidro simples.

Componentes verticais internos – Compreendem paredes e portas, apresentando as mesmas características dos componentes verticais externos.

Cobertura – É composta de duas águas, sendo que a maior área da cobertura é voltada para a orientação Sul, para diminuir a densidade de radiação solar, proveniente da direção Norte. A estrutura da cobertura constitui-se de 5 camadas: telha cerâmica, colchão de ar, placa metálica reciclada, colchão de ar e forro de *Pinus*. A placa metálica (chapa de off-set usada) funciona como barreira à radiação térmica, reduzindo significativamente a transmissão de calor pela cobertura.

Piso – É composto por uma laje de concreto tipo radier com dimensões de 8,15 x 8,20 x 0,25m, revestida com cimento alisado.

Resultados da análise de desempenho térmico

Foram criados dois arquivos climáticos no programa, um para simular o desempenho no verão, considerando as janelas Norte e Oeste sombreadas (através do ajuste do fator de ganho solar) e outro, no inverno. As figura 4 e 5 apresentam os resultados da análise de desempenho térmico do PA, para a situação de verão e de inverno.

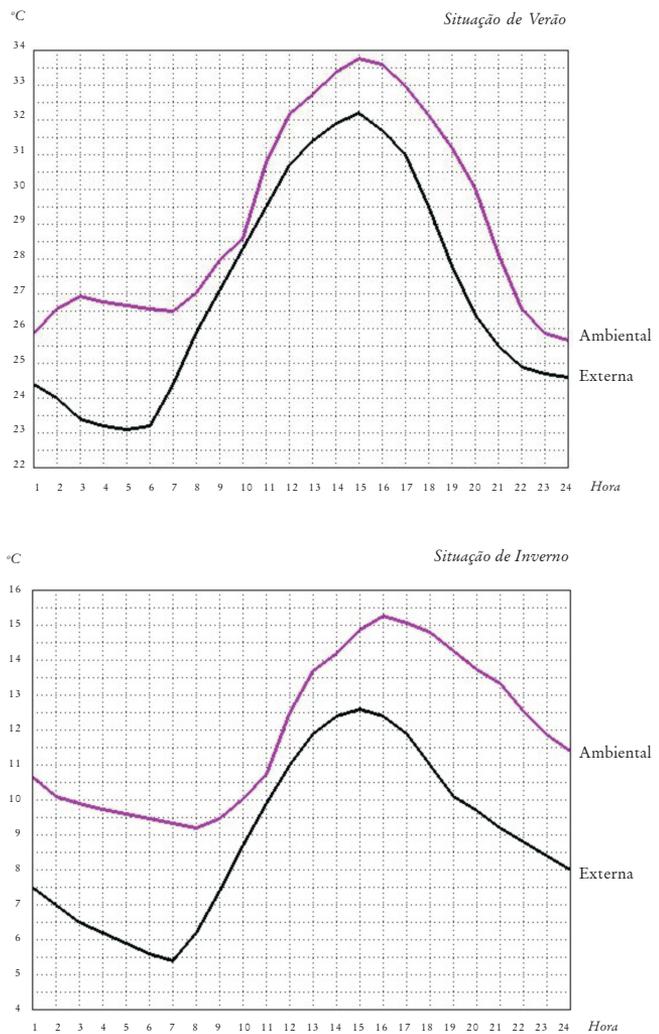


Figura 4: Relação entre a temperatura do ar externo e a temperatura ambiental interna, para a situação de verão (19/2) e inverno (11/7), em Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

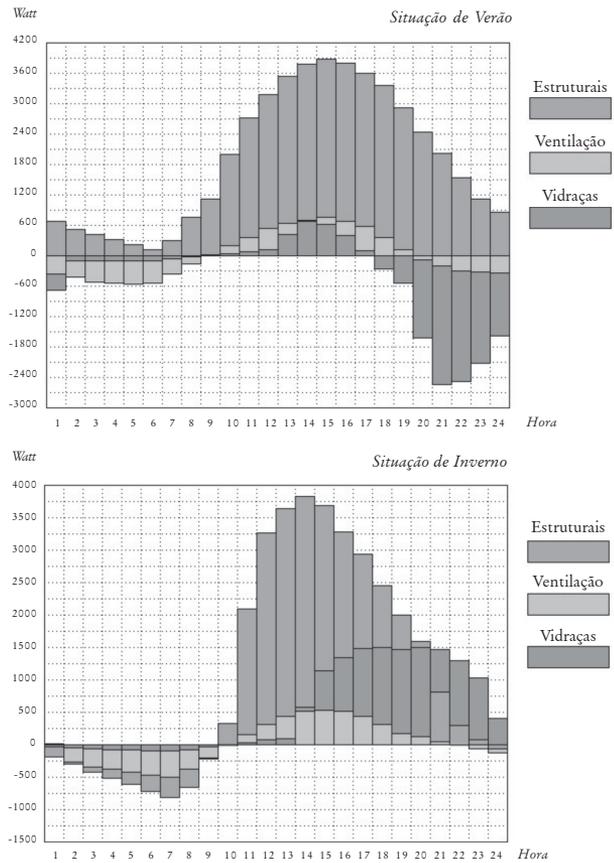


Figura 5: Trocas de calor da edificação com o meio ambiente, para a situação de verão (19/2) e de inverno (11/7), em Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

A figura 4 relaciona a temperatura externa do ar com a temperatura ambiental interna. A temperatura ambiental interna (*environmental temperature*) considera, além da temperatura interna do ar, a radiação emitida pelas superfícies internas. Verificou-se que a temperatura ambiental interna é, em média, 1°C superior à temperatura do ar interno (expressando ganhos de calor por radiação térmica oriunda da envolvente dos ambientes).

Analisando o desempenho de verão do protótipo (figura 4), tem-se como temperatura do ar máxima do exterior 32,2°C e temperatura ambiental interior 35,5°C. Portanto, o PA se enquadraria no nível C, definido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, como aquele ocorrente quando o valor máximo diário da temperatura do ar interior é superior ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior.⁸ Verifica-se ainda que as temperaturas ambientais do interior ultrapassam os 29°C, no período das 8:00h às 24:00h, contabilizando 16 horas ao longo do dia. No período de inverno (figura 4), a

⁸ IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. DIVISÃO DE ENGENHARIA CIVIL. *Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social*: texto para discussão. São Paulo: Mandarim, 1998.

⁹ IPT. *Op. cit.*

temperatura mínima do ar exterior é de 5,4°C, enquanto que no interior é de 9,3°C, o que estaria de acordo com o nível B de desempenho, definido pelo IPT, como aquele ocorrente quando o valor mínimo diário da temperatura do ar interior for igual ou maior do que a temperatura mínima do ar exterior.⁹ Verifica-se também que, durante todo o dia, a temperatura mantém-se inferior a 16°C, portanto abaixo do limite inferior de conforto térmico. Com relação às trocas de calor (figura 5), tanto no verão como no inverno, as trocas mais significativas são as que ocorrem através dos componentes estruturais (paredes e cobertura).

Pode-se observar que a pior situação, demonstrada pelo programa THEDES, ocorre no período de verão, situação característica da região de Porto Alegre, devido às altas temperaturas e à elevada umidade do ar neste período. Todavia, os resultados obtidos nesta análise não exprimem de forma completa o real desempenho do PA, já que algumas estratégias utilizadas para incrementar o desempenho deste não estão expressas nos dados de caracterização da edificação. Além disso, os dias típicos considerados aproximam-se de situações extremas, que correspondem a apenas alguns curtos períodos do ano. Dentre as estratégias não contempladas pelo programa de simulação, embora utilizadas no projeto, podem-se citar: o sombreamento dos planos (por beirais, vegetação e pela própria forma da edificação) e a utilização do efeito de termo-sifão para a ventilação.

Desempenho lumínico do Protótipo Alvorada

A iluminação é fundamental em um edifício para a busca de conforto visual, que é definido como “a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e com reduzidos riscos de acidentes”¹⁰. No Brasil, os níveis mínimos de iluminação, para o desempenho das tarefas visuais, são fixados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, através da NBR-5413.¹¹ Embora a luz natural seja considerada a principal fonte, em alguns momentos, a iluminação artificial é necessária. Para aumentar a eficiência energética e a habitabilidade dos ambientes em uma edificação, deve-se pensar na complementaridade entre a luz artificial e a luz natural.

Iluminação natural

Para verificação das condições de iluminação natural do protótipo, optou-se pelo Método do Fluxo Repartido, que

¹⁰ LAMBETS, R.; DUTRA, L. & PEREIRA, F. R. *Op. cit.*

¹¹ ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Iluminância de interiores*. NBR-5413 (NB 57). Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

resulta no fator de luz natural ou *Daylight Factor* (DF). O fator de luz natural é definido como a proporção de iluminância devida à luz natural em um ponto interno, no plano de trabalho, em relação à simultânea iluminância externa, em um plano horizontal, obtida a partir de um hemisfério de céu encoberto. Os cálculos e leituras foram feitos a partir de uma malha de 0,75 m x 0,75 m centralizada em relação às janelas e na altura do plano de trabalho, no caso 0,75 m. Foi considerada, no cálculo, a disponibilidade de luz natural exterior média, sem obstrução, de 9.000 lux e aplicado os fatores de luz natural (DF) máximo e mínimo em cada ambiente.¹² A tabela 2 apresenta os resultados dos cálculos e a figura 6 mostra a distribuição das curvas Isolux para melhor visualização dos resultados.

¹² YUBA, A. N.; NUNES, M. F.; FAVARETTO, M. H. Z. & KLUWE, R. *Avaliação de iluminação natural em protótipo de unidade habitacional: área do Horto Florestal do Município de Alvorada – RS.* Porto Alegre: UFRGS/NORIE, 1999. (Trabalho não publicado).

Tabela 2: Resultados dos cálculos de DF e Iluminâncias.

Ambiente	DF (%)		Iluminância (LUX)	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Sala/cozinha	6.18	0.64	556.2	57.6
Dormitório 1	8.61	0.92	774.9	82.8
Dormitório 2	4.69	0.42	422.1	37.8
Circulação	0.49	0.47	44.1	42.3
Banheiro	1.33	0.40	119.7	38.7

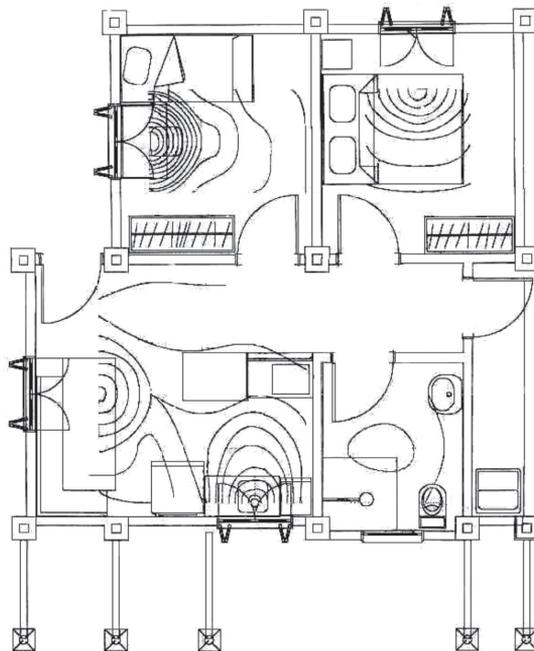


Figura 6: Curvas Isolux.

Devido à utilização de aberturas unilaterais, verifica-se que a distribuição da luz natural concentra-se junto às janelas, perdendo sua eficiência à medida que se afasta destes pontos, ou seja, apresenta uma grande variação entre os valores máximos e mínimos. Pode-se observar, também, que raramente os níveis de iluminação natural interna atingem os 500 lux, recomendados pela NBR 5413, para execução de trabalhos, que exigem acuidade visual média. Os ambientes que possuem valores mais altos são a sala/cozinha e o dormitório número 1, o primeiro com mais de uma janela.

Iluminação artificial

O projeto de iluminação artificial do PA teve como premissa a especificação de produtos que, além de reduzir o consumo de energia elétrica, buscassem atingir níveis de iluminância/luminância e Índice de Reprodução de Cor – IRC, adequados às tarefas visuais a serem desenvolvidas pelos usuários. Outro critério de escolha foi a temperatura de cor, que foi estabelecida em torno de 3000K por ser mais aconchegante.¹³ Foram especificadas lâmpadas que possibilitam uma economia de energia da ordem de 10 a 15% através da redução de potência, com bulbo revestido em pó trifósforo, que permite maior eficiência energética (70 a 95 lm/w), com índice de reprodução cromática de 85%. As luminárias foram posicionadas de forma a propiciar iluminação de tarefa e iluminação de fundo.

Tabela 3: Principais impactos ambientais envolvidos na produção e uso de algumas fontes energéticas.

Fontes Energéticas	Impacto no Uso	Impactos na Produção	Disponibilidade
Biogás	Partículas, CO e CO ₂	–	Renovável
Carvão mineral	SO _x , CO e CO ₂	Degradação ambiental local, particulados e emissão de metano	Não renovável
Diesel	Partículas e CO ₂	Subprodutos tóxicos, VOCs, NO _x , SO ₂	Não renovável
Gás natural	CO	VOCs	Não renovável
Gasolina	SO ₂ , NO _x , CO e aldeídos	Subprodutos tóxicos, VOCs, NO _x , SO ₂	Não renovável
Hidroeletricidade	–	Perda de biodiversidade em nível regional	Não renovável
Lenha	Partículas, CO e CO ₂	Perda de biodiversidade em nível regional	Renovável
Óleo Combustível	Partículas, SO ₂ , NO _x , HC e CO	Subprodutos tóxicos	Não renovável
Termoeletricidade	SO _x , CO e CO ₂	Degradação ambiental regional (ar, solo e água), NO _x e SO ₂	Não renovável

¹³ MIRON, L. Projeto luminoso para o Protótipo Alvorada. In: *Projeto Protótipo de Habitação Sustentável* – Município de Alvorada. Porto Alegre: UFRGS/NORIE, 1999. (Trabalho não publicado).

¹⁴ GRIGOLETTI, G. C. *Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul*. Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. (Dissertação de Mestrado).

O conteúdo energético dos materiais de construção do Protótipo Alvorada

Os materiais de construção determinam impactos ambientais, na medida em que são grandes consumidores de recursos naturais, tanto na forma de matérias-primas extraídas, como na forma de energia. O consumo de energia ocorre nas etapas de extração da matéria-prima, produção do produto, montagem em obra e nos deslocamentos realizados em todo processo, até que o material de construção esteja cumprindo seu papel funcional na edificação. Deve ser considerado, também, o consumo de energia relacionado à manutenção desse material e às atividades de desmonte ou demolição no final da vida útil da edificação. A identificação da origem da energia utilizada nas diversas etapas de produção é fundamental para a quantificação dos reais impactos relacionados ao consumo energético dos materiais de construção. A tabela 3 explicita os principais impactos ambientais relacionados com fontes energéticas frequentemente utilizadas na indústria da construção civil.¹⁴

Os impactos ambientais relacionados à obtenção de energia são relevantes em nível local e em nível global, conforme a tabela 3. Em nível global, destaca-se a preocupação com emissões causadoras do efeito estufa. Em termos locais, as preocupações estão voltadas para a poluição aérea, a contaminação do solo e dos recursos hídricos com substâncias tóxicas e a perda da biodiversidade local.

A adoção de tijolos cerâmicos como principais elementos de vedação vertical e de telhas cerâmicas na cobertura do PA considerou, além do desempenho energético dos mesmos, outros fatores relacionados à não geração de subprodutos tóxicos durante o ciclo de vida e a questões de identidade cultural. Em relação à eficiência energética dos mesmos, dois fatores são relevantes: o caráter local da produção desses elementos e os tipos de fontes energéticas que podem ser utilizados na produção dos mesmos. No Rio Grande do Sul existe um grande número de olarias espalhadas por todo o Estado, sendo a maioria de pequeno porte. Isso faz com que o uso de materiais cerâmicos locais determine a diminuição de deslocamentos, ao mesmo tempo em que contribui para as economias dos municípios onde se localizam. A preocupação com essa economia de energia é necessária na medida em que, em alguns casos, a energia consumida nos diversos deslocamentos até que o material de construção, em sua forma final, chegue à obra, pode representar grande parte da energia total incorporada ao mesmo. No Brasil os impactos ambientais relacionados a deslocamentos são ainda mais relevantes devido ao uso disseminado

de combustíveis fósseis, o que representa o consumo de um recurso não renovável, aliado à intensificação do efeito estufa.

Considerações finais

As variáveis que compõem a envolvente das edificações exercem papel fundamental na determinação do seu desempenho energético, de acordo com as análises realizadas. Os resultados demonstram a necessidade de melhoria da eficiência energética do PA que, embora incorpore várias estratégias bioclimáticas adequadas ao clima local, ainda apresenta desconforto térmico e lumínico em boa parte do período examinado. Quanto ao desempenho térmico do PA, verificou-se que as piores condições de conforto ocorrem no período de verão. A partir desta constatação, recomenda-se a otimização de algumas estratégias como o uso de proteções solares, para o sombreamento das aberturas (de forma que não prejudique a iluminação natural), a ventilação cruzada, o incremento da massa térmica e a utilização de cores claras nas paredes externas e cobertura e o uso de vegetação junto à edificação. Esta última estratégia promove o sombreamento das superfícies verticais da edificação e cria um microclima mais ameno no seu entorno.

Em relação ao desempenho lumínico, pode-se verificar que a avaliação das condições de iluminação natural do protótipo somente está de acordo com os níveis médios exigidos pela norma NBR 5413, nos ambientes que possuem mais de uma abertura, estando os demais ambientes abaixo desses valores. Sendo assim, sugere-se que futuros projetos otimizem o uso da iluminação natural, mediante uma análise mais adequada do tipo de esquadria, da área de abertura e do seu posicionamento. Além disso, pode-se trabalhar com a utilização de cores com altos níveis de reflexão em determinadas superfícies internas, com a utilização de dispositivos que direcionem a luz natural para o interior do ambiente, como prateleiras de luz, e, em casos extremos, utilizar a iluminação artificial complementar somente nos locais com níveis baixos de iluminação natural. Quanto ao projeto de iluminação artificial, além das estratégias citadas, de especificação de produtos mais eficientes, destaca-se a utilização de iluminação de tarefa e iluminação de fundo como uma estratégia adequada, permitindo manter a iluminação de fundo a níveis mais baixos, reduzindo o consumo de energia.

Com relação aos materiais, o que se pode observar é a necessidade de conhecimento mais profundo, por parte dos projetistas de edificações, dos impactos ambientais causados pelos mesmos, e de maior pressão sobre a indústria da construção civil para que estas forneçam materiais mais eficientes do ponto de vista energético.

Telissa Frenzel da Rosa e Michele de Moraes Sedrez são arquitetas e alunas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
telissa@cpgec.ufrgs.br
mmsedrez@terra.com.br

Miguel Aloysio Sattler é engenheiro civil, PhD em Tecnologia da Arquitetura, coordenador do Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação e professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
sattler@vortex.ufrgs.br