



INFLUÊNCIA DA FORMA DOS CONJUNTOS ARQUITETÔNICOS NA ILUMINAÇÃO  
NATURAL

LUCIA MASCARÓ

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
RUA SARMENTO LEITE ESQ. OSVALDO ARANHA S/Nº  
PORTO ALEGRE - RS - CEP 90050-170

RESUMO

O trabalho apresenta as primeiras conclusões obtidas na pesquisa em andamento, que relaciona a forma dos recintos formados pelos conjuntos arquitetônicos e a iluminação natural recebida nos ambientes. Altura, distância e forma dos prédios que se comportam com obstruções são analisadas numa primeira parte do estudo, em situações morfológicas reais permitidas pelo Plano Diretor e Código de Obras de Porto Alegre. Perfil, cor, orientação e distância entre edifícios são analisados e comparados em cada caso e com os diferentes sítios nos resultados de avaliação ambiental, especialmente, os relativos à iluminação natural.

ABSTRACT

This paper shows the first conclusions attained from the research carried out at this moment, which relates architectural assemblies shapes and daylight in buildings. Height, distance and shape of obstructed building are analyzed on morphological situation allowed by the Plano Diretor and Código de Obras de Porto Alegre. It compares two type of buildings: towers and buildings that are part of the traditional urban site. From the hypothesis that the obstruction of the local horizon is the most important environmental variable, it studies characteristics of daylighting, temperature and air moisture in both sites, ratifying the initial hypothesis.

1 - OS ANTECEDENTES

A forma de ocupação e crescimento das cidades brasileiras fizeram que diversos modelos de agrupamento dos distintos tipos de edifícios se sobrepusessem, entre outras razões, como resultado das sucessivas regulamentações. E tanto a paisagem natural como a ambiência inicial foram substituídas através de mudanças cada vez mais rápidas que as transformaram de maneira questionável. O duplo fenômeno de crescer em altura e extensão seria particularmente crítico em relação ao ambiente. O novo recinto urbano na área central da cidade foi o resultado da combinação de novas disponibilidades tecnológicas e energéticas, que permitiram a construção de edifícios altos que a densificaram, criando sérios problemas ambientais, tais como ilhotas térmicas, sombras indesejáveis, aumento da temperatura do ar e das superfícies que, definem o recinto urbano, inexistência de ventilação e iluminação natural e assim por diante.

As regulamentações técnicas da época contestariam essa realidade tangível e pernicioso, que pode ser descrita como uma tendência (ou nova situação a considerar). E como essas tendências (situações) eram relativamente imprevisíveis, a regulamentação somente apareceu quando a tendência se fez evidente através de casos ou edificações concretas. Verificada a incompatibilidade existente entre o interesse público e o desenvolvimento incontrolado de tenância, determinou-se um limite. Assim, a uma tendência de máxima se opôs uma norma de máxima, e a uma tendência de mínima uma norma de mínima. Por exemplo, a uma tendência de construir áreas de iluminação e ventilação cada vez menores, se lhe opôs uma norma fixando sua medida mínima. A tendência de construir cada vez mais alto, se lhe opôs a altura máxima do edifício. Era a regulamentação do que não devia ser feito. Relacionava as partes internas do edifício com seu entorno imediato em função de determinadas prescrições claramente identificáveis. Não se duvidava de que uma Área de iluminação e ventilação pequena demais e muito profunda não iluminaria nem ventilaria adequadamente um local térreo. Como também não se duvidava que impondo uma medida mínima a essa forma de "área" que já estava sendo construída na cidade, o problema seria resol-

vido. Estavam, na verdade, se regulamentando elementos existentes, cujos problemas tinham se evidenciado pelo uso.

Porto Alegre, por exemplo, cresceu com um desenvolvimento patológico em altura da cidade anterior, seca e compacta, produzindo recintos microclimáticos dos quais foram excluídos o vento, a radiação solar e a dispersão térmica por radiação e convecção. Um recinto climático que só pode ser rompido em uma direção: para cima. Quando as áreas centrais densamente ocupadas deterioraram ainda mais suas condições ambientais com a incorporação da poluição dos veículos automotores (poluição aérea e sonora) as pessoas começaram a ocupar a periferia, geralmente habitando casas unifamiliares, entre outros motivos, porque as condições ambientais eram mais agradáveis e porque os meios de transporte e o preço dos combustíveis o tornavam possível. E a cidade cresceu em extensão sem controle ou critérios.

Mas abandonar o centro da cidade não resolvia os problemas de conforto, especialmente térmico, que eram sofridos por aqueles que deviam ficar na área. A cidade tradicional de superfícies secas e contínuas foi questionada através da revisão do conceito de cidade e de dois aspectos ambientais clássicos: compacidade e secura. O resultado teórico foi uma cidade de superfícies verticais descontínuas. Uma cidade cujos novos edifícios podiam chegar a estar expostos à ação do vento e do sol direto, já que eram tipos de edifícios virtualmente inéditos, "edifícios torre", com quatro fachadas expostas aos elementos climáticos e que, pelo seu tamanho, introduziam novas perturbações ambientais ao recinto urbano.

Assim, a "moderna" Porto Alegre é uma cidade edificada em altura, rodeada por bairros de construções dispersas e de altura média a baixa e ruas arborizadas e que respondem, de alguma maneira - ao critério projetual de "cidade Jardim". Tanto na parte muito densificada pela grande altura dos edifícios como na de média altura (4 andares a mais freqüente), o espaço entre os edifícios poderia ter sido mais generoso mas comumente e pequeno; poderia ter jardins sobrepostos e frescos no verão

e ensolarados no inverno, mas na maioria dos casos são extensões pavimentadas, secas, escuras.

Quando estudamos o desempenho das denominadas "áreas de iluminação e ventilação" do Código de Obras, de Porto Alegre, verificamos que essas áreas somente permitem iluminar adequadamente até o terceiro pavimento em prédios de 10 andares. Isso significaria, numa primeira aproximação que 50% dos apartamentos de edifícios de quatro andares com poço, iluminados por esse tipo de área, são deficientes em iluminância natural, alcançando o valor de 60% em edifícios de até 10 andares. Se aceitamos uma estimativa que a cidade tem um para três edifícios de 10 andares em relação aos de quatro andares (exceto na zona central de alta densidade de ocupação), poder-se-ia afirmar que 25% dos apartamentos da cidade (iluminados através de áreas de iluminação e ventilação natural) apresentam condições precárias de habitabilidade e, conseqüentemente, consumos altos de energia elétrica para iluminar os locais durante o dia.

O consumo de energia devido à iluminação do 42 andar em um edifício de 4 andares pode ser estimado em 10% do total. Esse valor poderia ser menor se o tipo de lâmpadas e luminárias usadas atualmente (lâmpadas incandescentes e spots) fossem substituídas por outros mais eficientes do ponto de vista energético (o apartamento é ocupado somente por uma pessoa e tem todo tipo de equipamento doméstico. Já no apartamento térreo, o consumo de energia elétrica devido à iluminação foi estimado em 50% do total, isto causado pelo fato da iluminação artificial permanecer ligada, em qualquer época do ano, durante todo o tempo em que o único usuário que o habita, encontrar-se no apartamento.

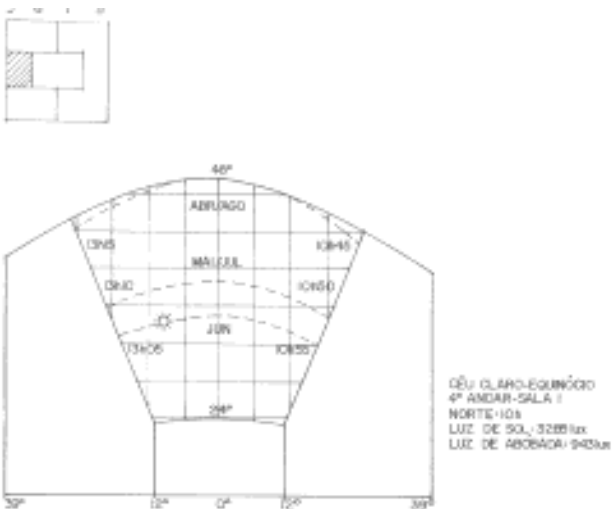


Figura 1 - Vista da abóbada celeste desde o 4º andar (edifício de 4 andares)

E isto acontece em uma cidade onde a disponibilidade de luz natural é suficiente para iluminar edifícios corretamente projetados, durante a maior parte do ano.

No caso do apartamento térreo, o problema não pode ser resolvido pelo uso de critérios de projeto integrado de iluminação natural e artificial, porque a iluminação natural disponível é insuficiente. O uso de lâmpadas e luminárias mais eficientes parece ser a única solução possível, solução que amenizaria somente o consumo indevido de energia elétrica.

A revisão da legislação técnica vigente é necessária, tanto do ponto de vista ambiental como energético.

## 2 - AS MUDANÇAS AMBIENTAIS

A evolução urbana da área central de Porto Alegre se fez sobre o tecido urbano inicial, sem grandes modificações em relação à forma e tamanho dos lotes. Isso implicou numa densificação excessiva, que não foi acompanhada nem pela legislação técnica nem pelo desenvolvimento da infra-estrutura urbana.

A mudança de densidade trouxe mudanças ambientais na área urbana. Barreiras aos ventos dominantes, aumento da temperatura do ar (hoje 50C maior na área central que na periferia)(2), diferença máxima sazonal de temperatura na primavera e, principalmente, no verão. A área central, densamente ocupada, apresenta valores de obstrução máxima de abóbada celeste, da ordem de 60% sendo a média de 40%. É o recinto mais quente da cidade, na qual acontece a maior proporção de área edificada (29%) a maior obstrução do horizonte local e vegetação escassa. O local possibilita menor período de insolação e iluminação natural, maior barreira aos ventos e, conseqüentemente, menor irradiação noturna armazenando, em função da geometria e das características dos materiais das fachadas

## 3 - O DESEMPENHO DA ILUMINAÇÃO NATURAL EM FUNÇÃO DA FORMA DO CONJUNTO ARQUITETÔNICO

As formas dos conjuntos arquitetônicos resultantes da normativa estabelecida pelo Plano Diretor são diferenciadas por zonas da cidade, propiciando diferentes situações morfológicas com resultados ambientais e energéticos diferentes, como mostram as figuras 3 e 4, re-

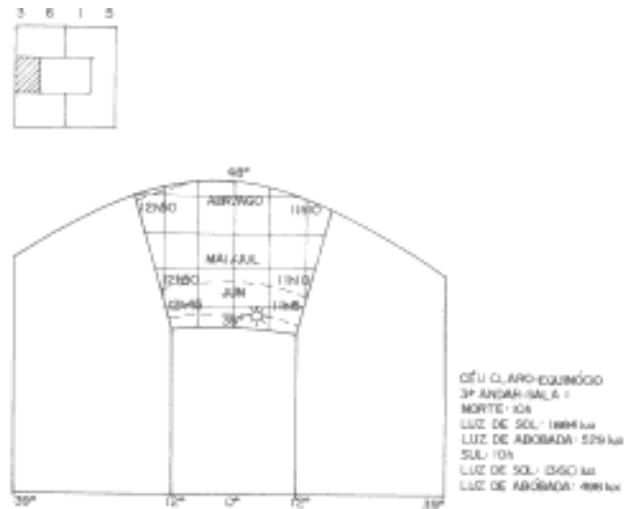
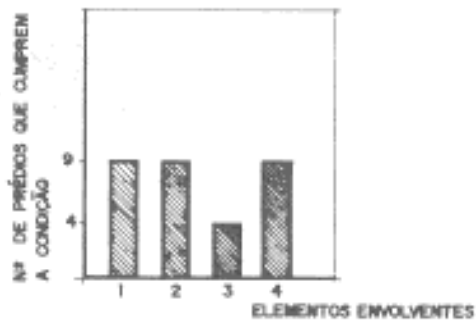


Figura 2 - Vista da abóbada celeste desde o 3º andar (edifício de 3 andares)

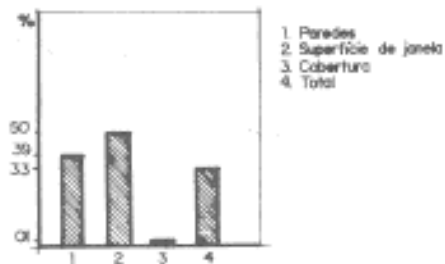
resultante de uma pesquisa realizada em 1982 (3). Os edifícios que menos carga térmica recebem são aqueles localizados na área central da cidade, na qual o entorno se comporta como uma obstrução da radiação solar.

Entretanto, as condições de conforto natural estão muito prejudicadas devido à obstrução das brisas dominantes e da abóbada celeste, e às altas temperaturas produzidas pela grande concentração dos edifícios, sem o apoio de um traçado urbano favorável do ponto de vista climático ou de vegetação que amenize o microclima desfavorável criado. Todos os usuários que podem pagar o consumo de energia elétrica têm condicionamento artificial dos ambientes interiores dos edifícios.

Prévio à análise de algumas situações morfológicas urbanas de Porto Alegre, comentaremos os tipos de algumas



a) considerando a influência do entorno



b) desconsiderando a influência do entorno

Figura 3 - Desempenho térmico do envoltente do edifício

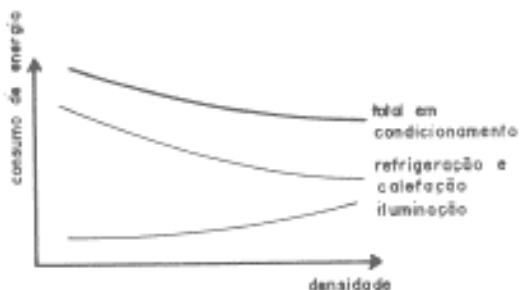


Figura 4 - Variação do consumo de energia em climatização artificial em função da densidade de ocupação do solo urbano

estratégias de política de ordenamento urbano. Uma regulamentação pode adotar a estratégia de oferecer um leque restrito de possibilidades a uma tipologia existente (caso dos corpos em saliência ou dos recuos) ou introduzir tipos edifícios praticamente inéditos (torres envidraçadas, por exemplo). A diferença entre os dois exemplos, tanto do ponto de vista conceitual como ambiental, é muito grande. De um lado, o primeiro exemplo refere-se à regulamentação do espaço urbano que forma as fachadas, pelo que está direta e especificamente ligada ao espaço público da cidade (estética urbana, proporção entre largura e altura da rua, insolação, etc), sem maiores interferências com o que está atrás da fachada, o domínio privado. Enquanto que no caso do edifício isento a regulamentação opera indistintamente sobre o domínio privado e público, criando situações inéditas.

Analisaremos, a seguir, algumas situações morfológicas reais.

### 3.1 - Os edifícios torres

Embora sejam edifícios isentos, as laterais do edifício torre podem enfrentar a altas paredes-divisas dos edifícios existentes. Pode-se criar um corredor de ventos que apenas esfria as fachadas sem ventilar os locais do edifício, ao qual abrem locais principais quando na tipologia entre divisas esses locais somente podiam estar localizados nas fachadas e "contrafachadas", com melhores possibilidades de ventilação e iluminação natural; Este processo é agravado pela introdução da torre, que permite a um tipo de edifício duplicar ou triplicar a exploração do solo disponível até então.

A torre provoca um alto grau de segmentação sobre o tecido e maximiza a exposição das fachadas aos elementos climáticos, que possibilitará o "aproveitamento" por ela se alçar sobre os edifícios existentes, desfrutando as vistas panorâmicas, pela quais pagará altos consumos de energia. Mas os andares inferiores podem ficar fechados por uma divisa interminável ou um "corredor de ventos" que, na verdade, só tem um lado abeto, já que os outros se encontram fechados por edifícios suficientemente resistentes à renovação, por exemplo (fig.5). Simultaneamente, a torre é capaz de projetar uma ampla sombra de sol e de vento sobre os edifícios mais baixos (fig.6), que acabam perdendo seu valor comercial e suas condições de habitabilidade, mas não os seus terrenos que agora podem ser mais explorados, pelo que seus habitantes se vêem compelidos a participar da corrida da altura, que é a forma de evitar a clausura e, por sua vez, a corrida da maior densidade, que somente fará crescer os problemas ambientais dos edifícios desde que dissociada de critérios de projetos que objetivem a manter, pelo menos, a qualidade ambiental mínima com um consumo racional de energia operante.

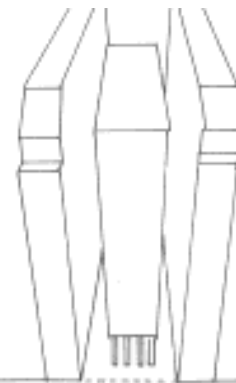


Figura 5 - As laterais do novo edifício torre estão cercadas pelos vizinhos

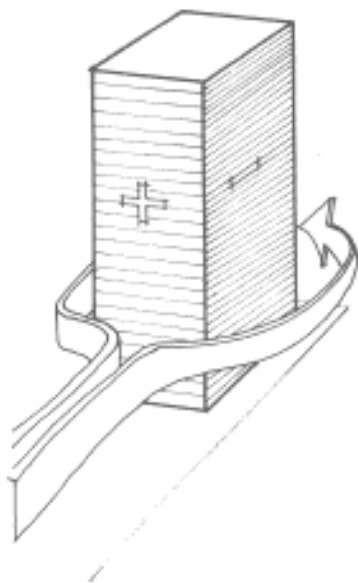


Figura 6 - Efeitos ambientais da torre sobre seu entorno imediato

As típicas plantas livres próprias deste tipo de edifício também não se preocupam com os aspectos quantitativos de iluminação, descuidando os aspectos qualitativos e perceptivos do projeto de iluminação, como bem mostra o trabalho sobre o tema intitulado "O significado da iluminação interior baseado em estudos energéticos e compositivos no subtropical" (4).

Quando questionados pelos problemas ambientais criados, as soluções apresentadas são, geralmente, tentativas de manter o modelo "caixas de vidro", ícones da arquitetura moderna, que propõem soluções tecnológicas cuja finalidade e adequá-lo ao clima local, como por exemplo: vidro colorido absorvente do calor, que nada mais é que uma pele que se aplica às grandes áreas envidraçadas para evitar o superaquecimento e o ofuscamento (fig. 7). Do ponto de vista perceptivo, o uso dessas soluções provoca uma deformação qualitativa (cor) e quantitativa (diminuição de iluminância natural), assim como do dado informativo do entorno imediato. Isto devido à persistência de um modelo estético completamente ultrapassado, aliado de um pensamento mecanicista na arquitetura.

Do ponto de vista econômico-energético, o uso dessa tecnologia para solucionar a questão ambiental em um edifício não é a mais eficiente pois sabemos que o mais simples é o uso de fatores de sombra ("brises", persianas ou vegetação, por exemplo), mas isso implica em um afastamento do modelo da arquitetura moderna e uma busca de soluções compositivas para solucionar o problema ambiental.

Na planta livre que caracteriza ao edifício torre existe a oportunidade de aplicar os critérios do projeto integrado de iluminação natural e artificial e obter o conseqüente melhor desempenho energético do sistema de iluminação. Sistemas de complementação permanente de iluminação artificial se apresentam, assim, como ideais. Esta solução implicaria em um pequeno aumento do custo inicial da instalação elétrica, cujo valor (para instalações convencionais) é estimado em 4% a 6% do custo total da obra para edifícios de 8 a 10 andares (5).

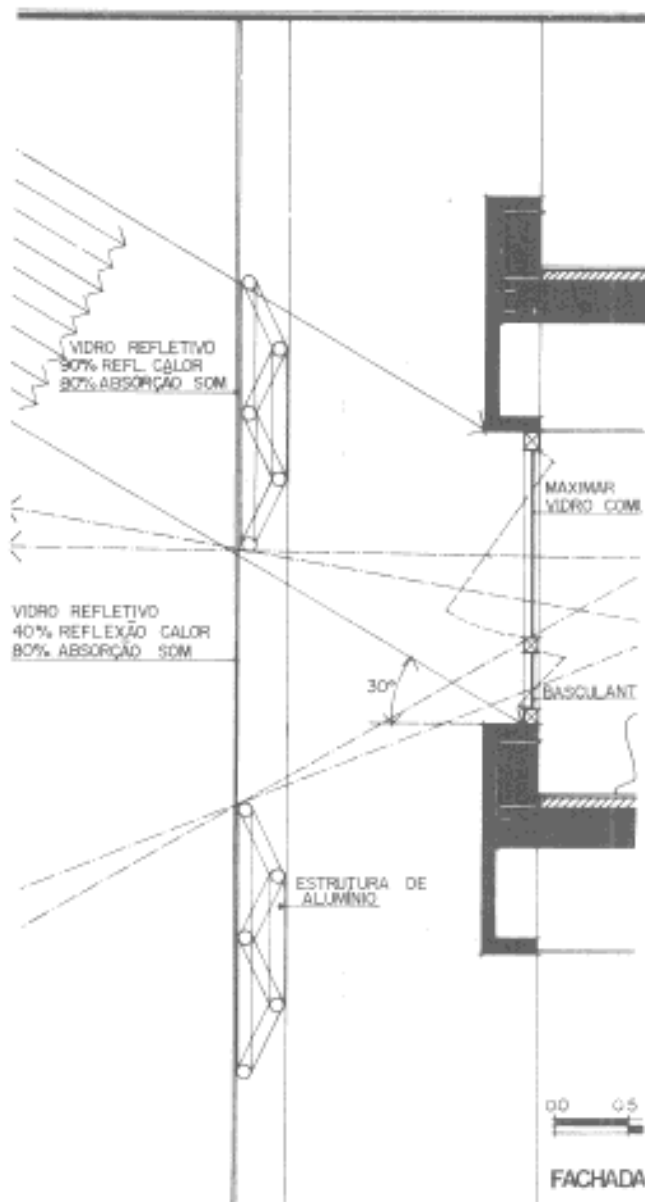


Figura 7 - Corte da pele proposta para uma torre envidraçada controlar problemas ambientais

Mas o que resulta interessante aqui é que o mercado não oferece luminárias desenhadas para formar parte da instalação artificial complementar da diurna natural. Enquanto a luz natural entra no ambiente através de planos verticais (janelas) e se reflete principalmente nas paredes que o formam, dando-lhe caráter e dinamismo, a iluminação artificial oferece, fundamentalmente, iluminação sobre o plano de trabalho horizontal, estática em qualidade e quantidade. Talvez o argumento de que produções em séries maiores de luminárias barateiem seu preço final, tenha atrasado a produção de luminárias especiais apropriadas à complementação da iluminação diurna, tão abundante em nossas latitudes. Ou, quiçá, o desconhecimento da técnica de projeto integrado de iluminação natural-artificial seja tão grande entre nós, que não justifique produzir luminárias especiais que não teriam demanda em nosso mercado. Qualquer que seja a razão, o que verificamos é a falta de adequação das lumí-

nárias que o mercado oferece para satisfazer as solicitações próprias de um sistema integrado de iluminação.

As oportunidades de uso são grandes, principalmente se se promove a formação profissional adequada à resolução desses problemas, tanto a nível de projeto arquitetônico como de projeto lumínico. Universidades e indústrias de um lado, arquitetos e especialistas de outro, muito poderiam fazer para promover o uso de soluções de projeto (de espaços e objetos) e uso que melhorassem a deplorável situação atual das condições de iluminação.

### 3.2 - 0 recinto urbano

A partir das mudanças ambientais constatadas e baseadas na hipótese que a obstrução do horizonte pelas edificações é a variável ambiental que mais influencia as temperaturas, o resfriamento, a insolação e a iluminação natural, iniciamos o estudo simultâneo de dois recintos urbanos de Porto Alegre, o sítio 1, de características particulares pela combinação de prédios públicos altos e edifícios de habitação de 4 andares e relativamente novo na cidade, e o sitio 2, recinto tradicional representativo da cidade antes de sua verticalização. Também foram escolhidos dois percursos urbanos para serem estudados, ambos no centro densificado da cidade, cujas evoluções históricas e atual situação de ambiência apresentam situações de especial interesse.

Os primeiros resultados dos estudos de campo realizados (medições "in loco") são concordantes com a hipótese levantada, no sentido que a obstrução do horizonte pelas edificações é a variável ambiental que maior influência tem sobre a iluminação natural e a insolação. Analisando os resultados obtidos no sitio 1, de estudo, observa-se que as mudanças ambientais sofridas pela presença de grandes edifícios deterioraram a ambiência e função inicial do sitio (fig. 8). A redução da iluminação natural nas ruas do recinto é da ordem de 95% no sitio 1 (fig.9), enquanto que esse valor varia entre 20% a 45% na rua do sitio 2, de referência (fig. 10 e 11). A iluminância interior dos ambientes dos edifícios que formam parte de ambos os recintos urbanos sofre 25% em ambos os casos, nas proximidades das janelas. O que mostra a importância do projeto correto do recinto urbano em relação à habitabilidade dos edifícios.

Paralelamente, foi verificado que no sitio 1, de estudo, as temperaturas mínimas aconteciam mais tardiamente que no sitio 2, de referência, e as temperaturas máximas mais precocemente no inverno (única estação medida na primeira parte da pesquisa, concluída em agos-

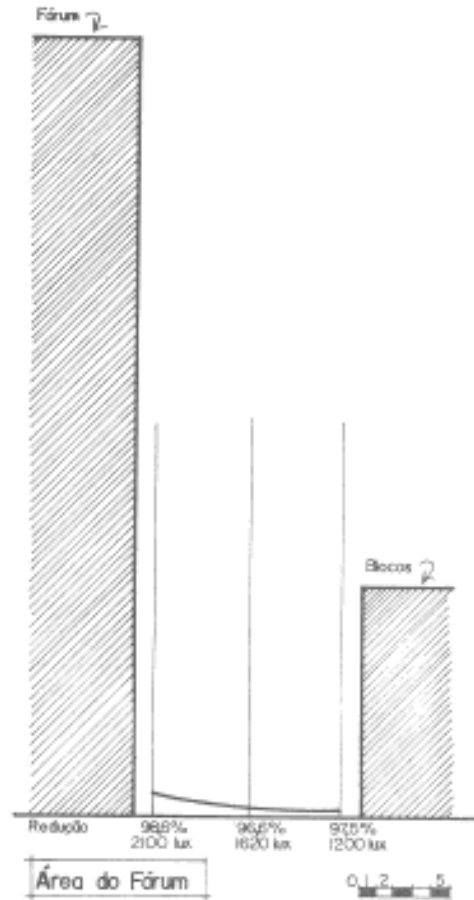


Figura 9 - Desempenho lumínico do recinto 1, de estudo



Figura 8 - Estudo de insolação do recinto 1, de estudo

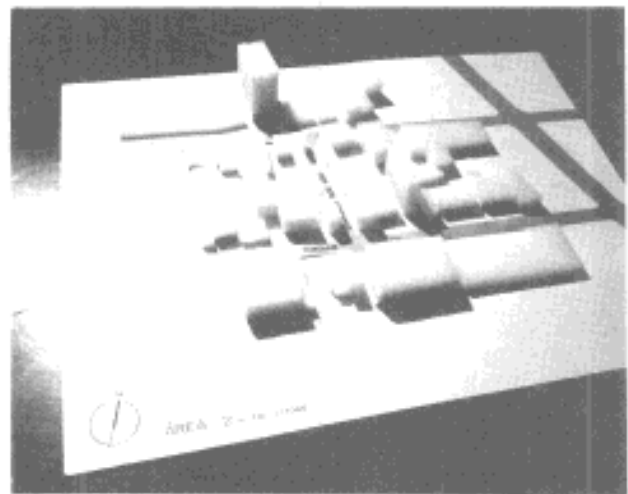


Figura 10 - Estudo de insolação do recinto 2, de comparação

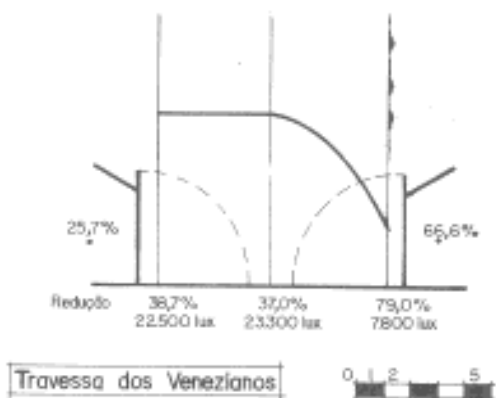


Figura 11 - Desempenho lumínico do recinto 2, de comparação

to de 1992). A insolação direta terminou antes que no sitio 2. Donde é possível concluir que a inércia ao resfriamento será maior no recinto 1, mais obstruído e com maior superfície edificada.

Já o estudo dos percursos permitem associar tamanho, forma, cor e textura das fachadas que formam os recintos, ou seja, seu perfil e características superficiais de refletância, assim como orientação e simetria (ou desuniformidade) das fachadas com a quantidade e qualidade da iluminação disponíveis nos edifícios que a eles concorrem.

Na simulação que faremos a seguir, na pesquisa, trataremos formas urbanas que permitam insolação e iluminação adequadas, trabalhando inicialmente com o sítio de estudo 1, criando situações de assimetria para as orientações N-S e simetrias para as L-O,.

#### 4 - CITAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - MASCARO, Lucia & PEZZI, Marcelo. As regulamentações técnicas da edificação e suas conseqüências na iluminação dos edifícios. IN: **Anais da LUXAMERICA**. São Paulo: ABILUX, 1992
- 2 - HASENACK, Heinrich. **Influência de variáveis ambientais sobre a temperatura do ar na área urbana de Porto Alegre, RS**. Porto Alegre: CPE, UFRGS, 1989. Dissertação de mestrado.
- 3 - MASCARO, Juan Luis & MASCARO; Lucia. **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. Porto Alegre: CNICC CEICO, PROPAP - UFRGS, 1982.
- 4 - MASCARO, Lucia & RIHL, Luíz Fernando. **O significado da iluminação interior baseado em estudos energéticos e compositivos no subtropical**. Porto Alegre: PROPAP UFRGS, 1992 (mimeo).
- 5 - MORCH, Débora & HIROTA, Ercília. **Percentual dos serviços em um orçamento**. Porto Alegre: Caderno Técnico do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. UFRGS, 1986.