



PROPOSTA DE RESTRIÇÕES DE ALTURA PARA CÂNIONS URBANOS PARA APROVEITAMENTO DE LUZ NATURAL EM EDIFICAÇÕES

Eduardo Krüger (1); Mauro Suga (2)

(1) Prof. Dr. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE), Departamento de Construção Civil,
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) E-mail: ekruger@utfpr.edu.br

(2) M.Sc. PPGTE/UTFPR, Doutorando Kanda Lab., Tokyo Institute of Technology. E-mail:
smaurogen@hotmail.com

RESUMO

Apresenta-se aqui uma investigação de desempenho luminoso para diferentes orientações de fachada e sugestão de restrições de altura para edificações situadas em cânions urbanos para a otimização do uso de luz natural em Curitiba e em cidades com igual latitude. Tomou-se como objeto de estudo os denominados eixos estruturais de Curitiba, para os quais não se impõe restrições de altura às edificações ali existentes. O método de análise faz uso dos seguintes softwares: ECOTECT e RADIANCE. Os resultados indicam que, ao se considerar o percurso solar aparente, existem diferenças entre o potencial de cada cânion urbano em proporcionar luz natural suficiente, que se dá conforme suas orientações axiais, especialmente quanto mais o eixo tender ao alinhamento com pontos cardeais e assumir uma posição rotacionada em 45°. Estas diferenças de orientação axial permitem uma classificação de ambientes internos ao cânion e suas diferentes orientações de fachada, resultando em novas propostas de relação H/W que poderiam servir como limite para o Setor Estrutural de Curitiba.

ABSTRACT

It is here presented an analysis of daylight performance for different façade orientations in buildings located in urban canyons in Curitiba and cities of similar latitude. For that purpose, the structural sector was considered for analysis, for which land use regulations do not impose height restrictions. The method consisted of computer simulations, with ECOTECT and RADIANCE. Results indicate differences between each canyon with regard to daylighting conditions, these being more significant for a 45° angular rotation of the axis. The obtained daylighting performance results attest to the relevance of different H/W relationships and axes orientation. Limits are suggested to achieve an adequate urban densification, which considers a more efficient use of electric energy for lighting.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de obter maior eficiência energética nas atividades cotidianas é pertinente à área de planejamento urbano, que deve analisar as peculiaridades de um local para que os recursos naturais, como a luz do Sol, possam ser adequadamente utilizados de forma a diminuir o dispêndio energético com tarefas como aquecimento e luz artificial. Não obstante, o crescimento urbano nem sempre é acompanhado de um

minucioso estudo das condições ambientais da localidade, como a trajetória solar, especialmente no solstício de inverno, quando a altura solar é mais baixa. Isto se traduz na verticalização, que traz aspectos positivos como evitar uma tendência de dispersão horizontal da cidade que pode acarretar em maiores custos de infraestrutura, porém esta pode levar ao surgimento de cânions urbanos com relações de altura de prédios (H) inadequadas com relação ao espaçamento entre os mesmos (W). Por conseguinte, é comum que, em locais com cânions urbanos mais densos, o potencial de luz natural disponível não seja adequado para prescindir do uso da luz artificial.

Embora existam vantagens advindas da verticalização e do adensamento de centros urbanos, este processo se desenvolveu de maneira muito veloz especialmente no período posterior à Segunda Guerra Mundial, sendo o impacto destas ações de difícil mensuração. Este modelo de urbanização foi disseminado ao redor do mundo sem que as leis de uso do solo observassem minuciosamente peculiaridades locais como a trajetória solar aparente de forma a tentar adaptar as construções conforme o comportamento do Sol durante o ano. Uma das conseqüências imediatas é o registro de baixos níveis de iluminação em pavimentos inferiores de construções situadas em cânions urbanos. Com a crise energética da década de 1970 e o surgimento do conceito de Desenvolvimento Sustentável houve uma valorização das fontes renováveis de energia também no campo do planejamento urbano.

Neste contexto, o objetivo deste artigo é verificar as condições de iluminação natural no crítico período do **solstício de inverno** para a cidade de Curitiba, tida como referência de planejamento urbano, nos setores em que é permitido maior adensamento e o subsequente surgimento de cânions urbanos, e, posteriormente, apontar relações H/W adequadas conforme a orientação axial das vias estudadas.

2. METODOLOGIA

2.1 Cânions Analisados

Curitiba, cuja latitude é de 25°25'50'' sul e longitude de 49°16'15'' oeste (COMEC, 2006) possui uma rica história de experiências urbanas bem sucedidas no século XX, que influenciaram a sua morfologia urbana atual. Na década de 1940, Alfred Agache propôs um desenho urbano com anéis concêntricos, cujas vias principais teriam largura de 30 metros. Os anéis concêntricos propostos para Curitiba não foram implementados, porém algumas vias mantiveram a largura proposta de 30 metros em um novo plano diretor idealizado em meados da década de 1960, o qual ficou conhecido como Plano Serete, que preconizava a existência de um sistema linear de vias de circulação para propiciar o crescimento urbano (DANNI-OLIVEIRA, 2000).

Estes **eixos estruturais**, com caixa de rua de 30 metros, foram vistos como indutores para o crescimento da cidade, e seu desenho lembra uma estrela radial, na qual os eixos principais conduzem os fluxos mais intensos para o centro da cidade de forma a tangenciá-lo. Estes eixos amalgamavam três funções distintas e indissociáveis: o sistema viário, o transporte de massa e o uso do solo (SOUZA, 2001), o qual detinha uma grande importância estratégica para viabilizar um maior adensamento urbano, e subsequentemente gerar maior demanda do transporte de massa. Uma outra particularidade a ser destacada é a existência ao nível do solo de usos destinados a atividades de serviço e comércio, que permitiriam um aproveitamento nos dois primeiros pisos de 100% do solo. Em função do objetivo de criar eixos adensados com fácil deslocamento para o centro da cidade, foi idealizada uma legislação de uso do solo do tipo *floor ratio area*, ou seja, o potencial construtivo é atrelado ao tamanho do terreno e não há limitações de altura, assim induzindo o surgimento de cânions urbanos.

A figura 1 apresenta o posicionamento das vias estruturais de Curitiba conforme sua orientação solar.

Os eixos identificados para estudo foram os seguintes (figura 1):

- Eixo estrutural da Avenida República Argentina: eixo N-S, com orientação de fachada predominantemente oeste (ou leste, considerando duas fachadas opostas)

- Eixo estrutural da Rua Padre Anchieta e Avenida Sete de Setembro: eixo E-W, com orientação de fachada predominantemente norte (ou sul)
- Eixo estrutural da Avenida João Gualberto e Avenida Paraná: eixo NE-SW, com orientação de fachada noroeste (ou sudeste)

Observa-se que existem recuos obrigatórios para as torres acima do térreo e do segundo piso, situações em que é permitida uma ocupação da totalidade do lote. Os recuos frontais das torres para as ruas são de 4 metros.



Figura 1: Localização dos eixos estruturais na cidade de Curitiba

2.2 Método de Análise

Para a análise das condições de iluminação natural para diferentes configurações de cânions urbanos no inverno, considerou-se uma sala modelo com dimensões de largura de 2,8 m, profundidade de 5,0 m e altura de 2,6 m. O peitoril tem altura de 1m, e a abertura da janela tem altura de 1,2 m com largura de 2,4 m. A sala modelo foi considerada a 10 metros do solo, ou seja, constituinte de um prédio de pavimentos e situada no primeiro andar, acima de sobreloja. Foram considerados obstáculos com altura (H) atrelados a caixa de rua (W) de maneira análoga ao estudo de David Pearlmutter, cujas relações geométricas de cânion urbano tinham as seguintes proporções: $H/W=0,33$; $H/W=0,66$; $H/W=1$ e $H/W=2$ (PEARLMUTTER, BERLINER e SHAVIV, 2003).

Foram utilizados os seguintes softwares: ECOTECH e RADIANCE, **considerando as situações acima descritas nos distintos cânions sob condições de solstício de inverno e céu claro.** Através do ECOTECH foi possível modelar as diversas situações de cânions urbanos para as diferentes orientações de eixos estruturais da cidade de Curitiba. Embora o ECOTECH possibilite a modelagem geométrica dos cânions urbanos e a configuração da sala-modelo, a simulação para a condição de céu claro só é possível em função da interface com o RADIANCE. Para tal, foram ajustadas três vistas da sala no ECOTECH, sendo uma vista de topo para o centro da sala, uma vista frontal à janela e uma vista com a parede de

fundo. O RADIANCE assume os valores de altura solar para a data e horário estipulados no ECOTECT. Para as simulações, foram ajustadas as condições de céu ensolarado, qualidade alta, detalhamento alto e variabilidade alta, além de 9 reflexões internas do percurso da luz. O intervalo das simulações foi de 2 horas e, para efeitos de análise, foram considerados os valores de iluminância extraídos da câmera de topo, adotando-se sempre o menor valor de iluminância para efeito de comparação. Em função disto, foi possível verificar a influência que os obstáculos exercem sobre um ambiente próximo ao térreo para um cânion urbano nesta latitude e o potencial de aproveitamento da luz natural.

Observe-se que a opção por uma condição das mais desfavoráveis (primeiro andar, acima da sobreloja, menor valor de iluminância auferido, fundo da sala), embora conservadora, oferece maiores possibilidades de escolha entre diferentes configurações de cânions urbanos, atendendo a recomendações de norma, além de ser mais sensível a variações de H/W. Apesar de durante a pesquisa, avaliar-se a adequação ou não à norma brasileira NBR 5413, cuja iluminância média prescrita para ambientes de escritório é de 750 Lux, apresenta-se neste artigo os valores mínimos obtidos na sala-modelo, mostrando desta forma o que há disponível em termos de luz natural, resultante de obstruções de prédios vizinhos.

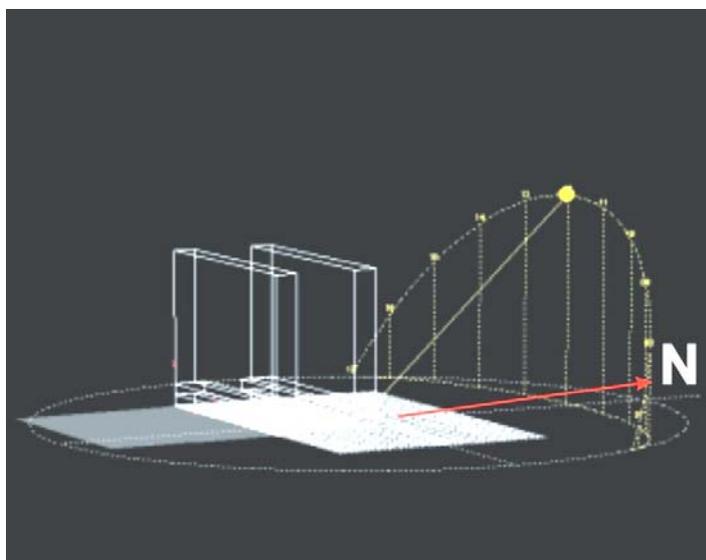


Figura 2: Trajetória solar aparente no inverno para Curitiba (latitude 25°25'50'' sul, longitude 49°16'15'' oeste)

3. RESULTADOS

A análise aqui apresentada considera diferentes orientações de fachada e as diferentes orientações solares de cânions urbanos existentes em Curitiba (figura 1) nos horários de 10h, 12h e 14h, sendo os resultados obtidos, os quais englobam orientações axiais e relações H/W, representados graficamente. Nesses gráficos está representado um semi-círculo, onde o eixo radial mostra as diferentes relações de H/W, variando de 0.33 (prédios mais espaçados) a 2 (cânion mais densificado). As linhas tubulares a partir do centro representam as possíveis orientações do eixo do cânion e a divisão dessas linhas traduz as possíveis orientações de fachada do prédio. Nessas linhas tubulares, as cores representam totais em Lux na sala-modelo.

3.1 Horário das 10h

No horário das 10h (figura 3), a incidência solar a partir do leste privilegia uma orientação de fachada predominantemente leste (cânion situado à Avenida República Argentina), uma orientação de fachada noroeste (cânion situado à Avenida João Gualberto e Avenida Paraná), além de uma orientação de fachada predominantemente norte (cânion situado à Rua Padre Anchieta e Avenida Sete de Setembro). Observa-se

que os valores mínimos de iluminância ocorrem para orientações de fachada que tendem mais ao sul (cânion situado à Rua Padre Anchieta e Avenida Sete de Setembro, fachada sul) e ao oeste (cânion situado à Avenida República Argentina, fachada oeste) neste horário.

O efeito da densificação (variação da relação H/W) não se apresenta nas fachadas mais fortemente prejudicadas neste horário (sul e oeste), mas é significativo e proporcional numa fachada norte, acarretando maiores prejuízos em fachadas predominantemente norte e apresentando alguma variação em fachadas intermediárias. Nessas situações, o efeito das reflexões internas no cânion pode gerar discontinuidades na tendência de haver menos luz natural disponível com o aumento da relação H/W.

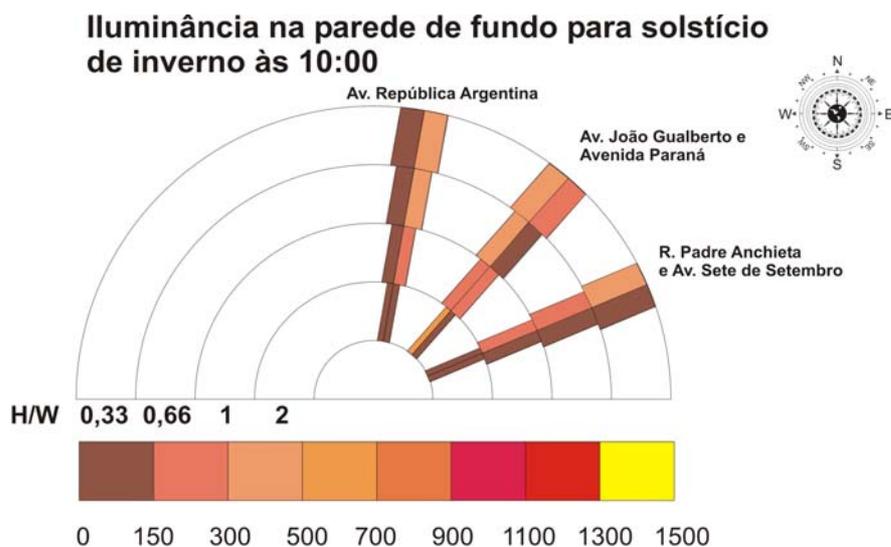


Figura 3: Gráfico de valores de iluminância mínimos no solstício de inverno às 10h, em Lux

3.2 Horário das 12h

No horário das 12h (figura 4), uma orientação de fachada predominantemente sul (cânion situado à Rua Padre Anchieta e Avenida Sete de Setembro), em nenhuma situação, consegue ultrapassar um valor mínimo de 150 lux. A orientação predominantemente norte é beneficiada pela posição do Sol no inverno, neste horário (baixo ângulo solar, com azimute 0°). Em função das reflexões internas e da maior altura solar no curso do dia, os valores de iluminância obtidos ainda são altos nessa fachada para uma relação H/W=1. Observe-se um aspecto interessante no cânion da Avenida João Gualberto e Avenida Paraná (eixo leste-oeste): excetuando a relação H/W=2, qualquer relação apresenta valores mínimos superiores a 150 lux.

Embora uma orientação de fachada noroeste apresente desempenho superior, pode-se constatar que ambos os lados do mesmo cânion apresentam boa iluminância. Para o cânion da Avenida República Argentina (eixo N-S), com o azimute de 0°, a radiação direta recebida é praticamente igual em ambas as fachadas. A maior parte da luz advém de reflexões da componente celeste e reflexões internas no cânion, porém os raios solares não adentram substancialmente o ambiente e os valores de iluminância mínima não são superiores a 300 lux para nenhuma orientação ou relação H/W.

Iluminância na parede de fundo para solstício de inverno às 12:00

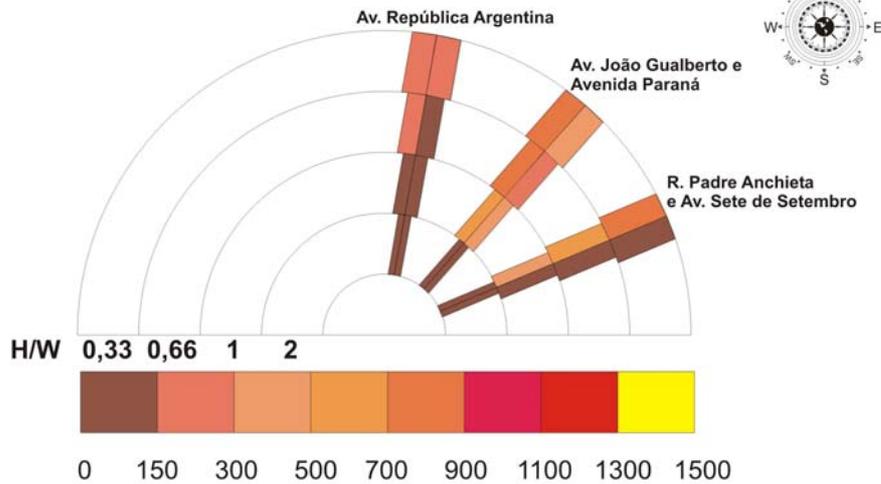


Figura 4: Gráfico de valores de iluminância mínimos no solstício de inverno às 12h, em Lux

3.3 Horário das 14h

No horário das 14h (figura 5), a posição do Sol exerce maior influência nos cânions que tendem a se alinhar aos pontos cardeais. Neste horário, uma orientação de fachada predominantemente sul (cânion situado à Rua Padre Anchieta e Avenida Sete de Setembro) apresenta, independentemente da relação geométrica H/W, valores mínimos inferiores a 150 lux. Um outro ponto a ser enfatizado é a baixa iluminância em todas as situações de orientação de fachada, quando da relação H/W=2, na qual nenhum ambiente auferir mais de 150 lux. As orientações de fachada predominantemente norte, noroeste e predominantemente oeste auferem valores de iluminância mínima maiores que às 12 h devido ao fato do menor ângulo solar permitir que os raios solares tenham maior alcance no fundo da sala. Por isto, neste horário, o menor valor auferido se verifica para uma orientação de fachada noroeste (cânion situado à Avenida João Gualberto e Avenida Paraná), sendo este de 1391 lux com a relação H/W=0,33.

Iluminância na parede de fundo para solstício de inverno às 14:00

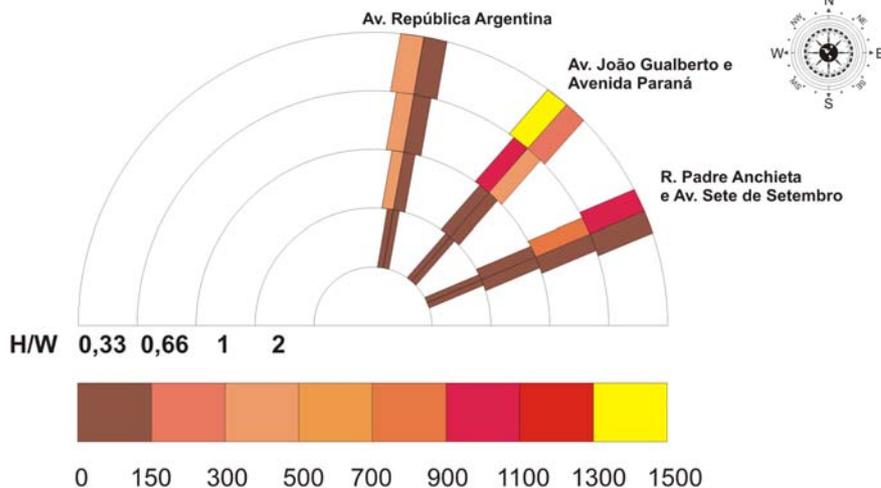


Figura 5: Gráfico de valores de iluminância mínimos no solstício de inverno às 14h, em Lux

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A principal constatação que deve ser feita é que cânions com relações $H/W=2$, independente da orientação de fachada, proporcionam iluminância extremamente baixa, indicando baixo potencial para aproveitamento de luz natural. Para os eixos estruturais, isso significaria uma restrição de altura de no mínimo 30 m para os prédios ali localizados, algo cerca de 10 andares.

Outro aspecto a ser ressaltado é o desempenho do cânion urbano para a Avenida João Gualberto e Avenida Paraná, que assume uma orientação axial sudoeste-nordeste praticamente pura. Se, por um lado as salas com orientação noroeste apresentaram valores que denotam indicativos de maior possibilidade de trabalho com a luz natural, por outro lado, as salas com orientação sudeste apresentam valores mínimos de iluminância altos até às 12 h e, surpreendentemente, mesmo às 14 h, para relações $H/W=0,33$ e $0,66$ os valores mínimos são superiores a 300 lux. Assim, o desempenho luminoso verificado nos resultados obtidos encontra paralelo em pesquisa de Knowles (2003), que afirma que ruas rotacionadas em 45 graus tendem a receber doses maiores de luz solar do que ruas alinhadas ao eixo leste-oeste.

Considerando eminentemente o aspecto de iluminância, algumas orientações admitem obstáculos mais altos, como o caso de uma orientação de fachada noroeste (Avenida João Gualberto e Avenida Paraná) ou predominantemente norte (Rua Padre Anchieta e Avenida Sete de Setembro). Por outro lado, as orientações de fachada opostas nos cânions, como nas fachadas sudeste e predominantemente sul podem usufruir de luz natural, mas para isto os obstáculos devem assumir alturas menores no outro lado do cânion. Com relação a um eixo tendendo a um norte-sul puro, como na Avenida República Argentina no trecho pesquisado, sugere-se uma limitação de altura de $H/W=0,66$ para ambos os lados do cânion. Esquemáticamente, essas recomendações podem ser representadas como mostra a figura 6.

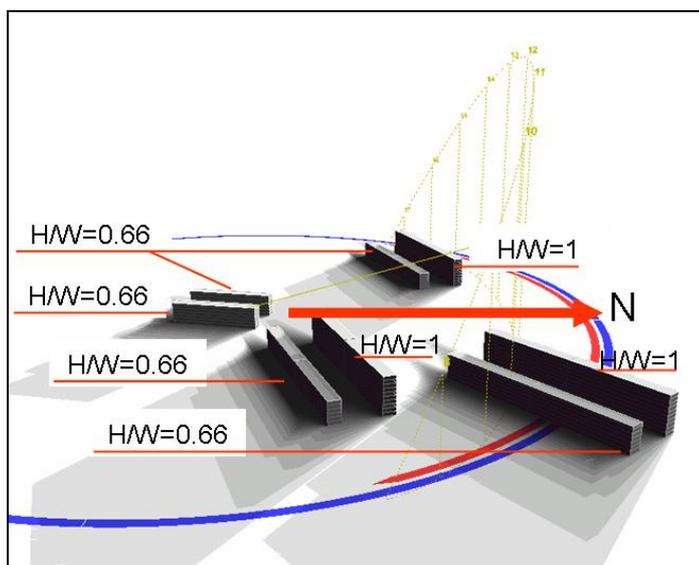


Figura 6: Desenho esquemático de relações H/W recomendadas para os eixos estruturais de Curitiba

5. CONCLUSÕES

Este artigo procurou apresentar resultados em termos de desempenho luminoso para diferentes orientações de fachada e facilitar a adoção de restrições de altura para edificações situadas em cânions urbanos em Curitiba e em cidades com igual latitude. Por meio do método de análise adotado, obteve-se resultados, representados aqui para a condição de inverno, que apresentam o potencial de cada cânion urbano em proporcionar luz natural adequada para tarefas de escritório, quanto a relações H/W . Reconhece-se que o

tratamento e interpretação dos resultados e limites aqui recomendados devem ocorrer junto a outras análises igualmente relevantes, quais sejam: aspectos de ganhos de calor excessivo em fachadas tipicamente envidraçadas; aspectos de ventilação, tanto como auxiliar à questão térmica, quanto para o tratamento da dispersão de poluentes em cânions urbanos; aspectos acústicos, dentre outros. Pretende-se futuramente aprofundar estudos nessas questões de âmbito do conforto urbano.

Sugestões para continuidade dessa pesquisa incluiriam: salas com outras proporções de janelas (WWR), consideração de outras épocas do ano; estudo concomitante de aspectos térmicos, acústicos e relativos à dispersão de poluentes nos eixos estruturais de Curitiba.

REFERÊNCIAS

COMEC (2006). **Situação geográfica**. Disponível em <http://www.pr.gov.br/comec/ormc.html> Acessado em jan. de 2006.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. (2000). Considerações sobre a poluição do ar em Curitiba-PR face a seus aspectos de urbanização. **R. RAÍÇA**. Curitiba: UFPR, n.4, p.101-110.

KNOWLES, R. (2003). The Solar Envelope: its meanings for energy and buildings. **Energy and Buildings**, 35: 15-25.

PEARLMUTTER, D.; BERLINER, P. & SHAVIV E. (2003). Canyon geometry with an open-air scale model. In: **PLEA 2003** - The 20th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Santiago – Chile.

SOUZA, N. R. (2001). Planejamento Urbano Em Curitiba: Saber Técnico, Classificação dos Cidadinos e Partilha da Cidade. **Revista de sociologia e política** n° 16: 107-122.