



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

ACESSO SOLAR: AVALIAÇÃO E CONTRIBUIÇÃO PARA PROVIMENTO EM HABITAÇÕES SITUADAS NA ZONA RESIDENCIAL DOIS (ZR-2) DE CURITIBA

Cintia A. Tamura (1); Eduardo L. Krüger (2)

(1) Arquiteta e Urbanista, Mestre em Tecnologia e Desenvolvimento – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Av. Sete de Setembro, 3165. Curitiba, PR – Brasil. E-mail: cintiatamura@gmail.com

(2) Prof. Dr., Programa de Pós-Graduação em Tecnologia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Curitiba – Brasil. E-mail: ekruger@utfpr.edu.br

RESUMO

O atual inchamento populacional urbano, somado à conseqüente necessidade de aumento do provimento de habitações para acomodar este contingente, podem provocar ações de cunho imediatista nas políticas de uso e ocupação de solo. Estes fatores, quando avaliados sob a ótica de mercado, acabam por produzir habitações que priorizam o máximo adensamento na menor metragem possível, resultando em ambientes cada vez mais exíguos, sem preocupação aparente com o provimento do acesso solar. A eventual dificuldade de acesso ao sol que os usuários destas habitações podem enfrentar está atualmente associada à ocorrência de moléstias de natureza psicológica e mesmo fisiológica. Considerando que Curitiba é classificada como a capital mais fria do país, e que aproximadamente 50% da área da cidade é destinada atualmente às Zonas Residenciais (ZR's), torna-se evidente a importância da análise das condições de acesso solar destas habitações. O objetivo deste trabalho foi avaliar o provimento de acesso solar proporcionado pelas recomendações edilícias vigentes em Curitiba para a Zona Residencial Dois (ZR-2), a maior em extensão da cidade, e contribuir com dispositivos que, incorporados à legislação, favoreçam esta condição. Para isto, foram realizadas simulações virtuais no Google SketchUp Pro 7.0.8657 de implantações com divisas voltadas às principais orientações solares, com dimensões respeitando os parâmetros legais, e com a utilização do conceito de envelope solar, onde a aplicação dos ângulos solares relativos às horas em que se deseja a insolação nos limites do terreno resultam no máximo volume edificável, que permita o acesso solar às edificações vizinhas. A iluminância para as duas situações também foi avaliada, com simulações realizadas no Relux Professional 2007. Os resultados obtidos sugerem um aumento visual significativo do acesso solar (fração de luz/imagem) e dos índices de iluminância em implantações onde o conceito de envelope solar é aplicado, quando comparado às implantações apenas baseadas nas recomendações edilícias.

Palavras-chave: acesso solar; legislação edilícia; envelope solar; simulação.

INTRODUÇÃO

A necessidade de acesso solar é uma preocupação facilmente encontrada em diversas culturas. A história apresenta inúmeros exemplos de arquiteturas solares que indicam o esforço no sentido de promover a ordenação racional do espaço urbano, para acomodar as populações de forma a permanecerem harmonicamente integradas às condições climáticas pertencentes a cada localização geográfica. No entanto, o inchamento das cidades provocado pela necessidade de abrigar contingentes populacionais cada vez maiores é um reflexo do modelo econômico vigente, o que levanta dúvidas acerca da possibilidade de um futuro sustentável.

Curitiba é notoriamente reconhecida como a cidade modelo de um padrão de ocupação balizado por preocupações de âmbito ecológico e de ordem social. Entretanto, contraditoriamente ao seu marketing de cidade modelo, possui legislações reguladoras do uso e ocupação do solo que aparentemente não priorizam a garantia do acesso solar para suas zonas residenciais. Capital do estado do Paraná, a cidade situa-se a uma latitude 25°31' S, longitude 49°11' O, e altitude média de 917m. Seu clima é o subtropical úmido, que se caracteriza por temperaturas médias abaixo dos 20°C, e por amplitude anual que varia entre 9 e 13°C. Conforme caracterização promovida pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) para avaliação do desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social (ABNT, 2005), a cidade se classifica como pertencente à Zona Bioclimática 1, que representa cerca de 0,8% do território brasileiro. Para esta zona, são previstas as seguintes estratégias de condicionamento térmico passivo: o aquecimento solar da edificação, e a utilização de vedações internas pesadas a fim de se obter inércia térmica. O condicionamento passivo será insuficiente no período mais frio do ano, sendo necessária a complementação com o condicionamento artificial. Somando-se a estas características climáticas a classificação de Curitiba como a capital mais fria do país (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997), justifica-se a necessidade de facilitar ao máximo o acesso solar em edificações situadas no município, tanto para seu aproveitamento como fonte passiva de iluminação quanto para aquecimento.

Para este trabalho, selecionou-se a Zona Residencial Dois (ZR-2), por ser a mais representativa das Zonas Residenciais, em termos de metragem, com um território de aproximadamente 87 km², o que representa cerca de 40% do total de áreas destinadas às ZR's. Sua distribuição ao longo do perímetro de Curitiba é espaçada e sua densidade é considerada baixa, com pouca verticalização, abrangendo uma quantidade expressiva de bairros.

1 OBJETIVO

Este artigo tem por objetivo demonstrar a influência na obtenção de acesso solar em construções situadas nas Zonas Residenciais Dois (ZR-2), que os parâmetros construtivos definidos pela legislação de Uso e Ocupação do Solo vigentes na cidade de Curitiba produzem; e qual seria a contribuição que a aplicação, em conjunto aos parâmetros edilícios atuais do conceito de envelope solar, produziria nestas construções, para cada orientação de divisa avaliada, em dados de fração de luz/área e em iluminância, com a utilização dos *softwares* Google SketchUp Pro 7.0.8657 e Relux 2007.

2 METODOLOGIA

Para a avaliação das condições de acesso solar produzidas pela implantação conforme parâmetros construtivos definidos em lei, e com a aplicação do conceito de envelope solar nas ZR-2, foram realizadas as seguintes etapas: 1) Levantamento preliminar da legislação edilícia da cidade, notadamente os aspectos construtivos definidos para a ocupação de terrenos situados na ZR-2 por residências unifamiliares, objeto de estudo deste trabalho; 2) utilização destes parâmetros legais na realização de modelos virtuais e de processos analíticos auxiliados pelos *softwares* SketchUp Pro 7.0.8657 e Relux 2007, para a ocupação conforme legislação e com a obtida pela utilização do conceito de envelope solar; 3) utilização dos valores numéricos obtidos nas simulações para proceder-se à análise da variação do acesso solar para cada situação analisada (conforme legislação, com

utilização do conceito de envelope solar, para cada orientação de divisa considerada (norte N, nordeste NE, leste E, sudeste SE, sudoeste SO, oeste O e noroeste NO).

2.1 Definição da morfologia das residências unifamiliares para a ZR-2 a serem simuladas

Inicialmente, foram levantadas as características construtivas para a ZR-2. Estes parâmetros são definidos atualmente pela Lei nº. 9.800 de 03 de janeiro de 2000 (PMC, 2000), que dispõe acerca do zoneamento e do uso e ocupação do solo do município. Os dados obtidos com a consulta à legislação são apresentados a seguir (Tabela 1).

Tabela 1 – Parâmetros de Ocupação para Residências Unifamiliares situadas na ZR-2 de Curitiba

Coefficiente de Aproveitamento	1
Taxa de Ocupação (%)	50
Altura Máxima da Edificação (Pavimentos)	2
Recuo mínimo do Alinhamento Predial (m)	5
Taxa de Permeabilidade Mínima (%)	25
Afastamento das Divisas (m)	Mínimo 1,50m (*)
Dimensão do Lote [Testada (m) x Área (m ²)]	12 x 360

(*) Para paredes com abertura. Para paredes sem abertura, o recuo não é exigido (dados de PMC, 2000)

O coeficiente de aproveitamento constitui-se no valor que, multiplicado pela área do terreno, define a área máxima computável admitida para o terreno; a área computável é a metragem que é considerada para fins de cálculo de impostos. A taxa de ocupação indica o percentual dado pela relação entre a projeção da edificação sobre o plano horizontal e a área do lote ou terreno onde se pretende edificar. A altura máxima da edificação é especificada em número de pavimentos, sendo que estes podem alcançar no máximo 10 metros. O recuo é a distância do início da construção, em relação à faixa correspondente ao alinhamento predial. A taxa de permeabilidade é o percentual da área do lote que deve permanecer sem impermeabilização do solo, a fim de garantir a percolação. O afastamento das divisas corresponde à distância mínima que os limites da construção devem manter dos limites do lote. A dimensão do lote mínimo corresponde ao menor tamanho de testada x a metragem mínima (em m²) que o lote pode apresentar, em cada ZR.

Com base nestes dados, foram elaboradas algumas situações de ocupação do lote padrão. Padronizou-se a terminologia “edificação teste” para se referir à edificação que possui a abertura cujo acesso solar junto à divisa com o lote vizinho é analisado no trabalho, e “edificação adjacente”, para designar a construção cujo volume é a obstrução à abertura avaliada. Convencionou-se que a edificação teste possuiria um pavimento e recuos laterais, o que representaria uma utilização média do potencial construtivo, e que a edificação adjacente não teria recuos laterais, tendo dois pavimentos e representando um modelo de ocupação onde o máximo potencial construtivo permitido em lei fosse utilizado. Após algumas combinações, onde se variou a posição da edificação teste e da edificação adjacente em relação ao lote, foi selecionado o modelo padrão de implantação para os dois tipos de edificação, e a posição da abertura avaliada (Figura 1a).

Para o dimensionamento da abertura situada na divisa dos lotes e cujo acesso solar produzido é avaliado, adotou-se o fator WWR (*Window Wall Ratio*). Este fator é relacionado por Deringer e Bush (1992) como um elemento que exerce forte influência no aumento da carga térmica recebida pela edificação, ao lado fatores como orientação da fachada, área construída e volumetria. Ele é definido como o percentual recomendado para a área envidraçada da abertura, em relação à área opaca da fachada, e é calculado pela razão entre a área da janela ou a área total do vão (excluindo-se os caixilhos) e a área total da parede (comprimento x pé direito). Adotou-se três fatores de WWR: 25%, 50% e 75% (Figura 1b).

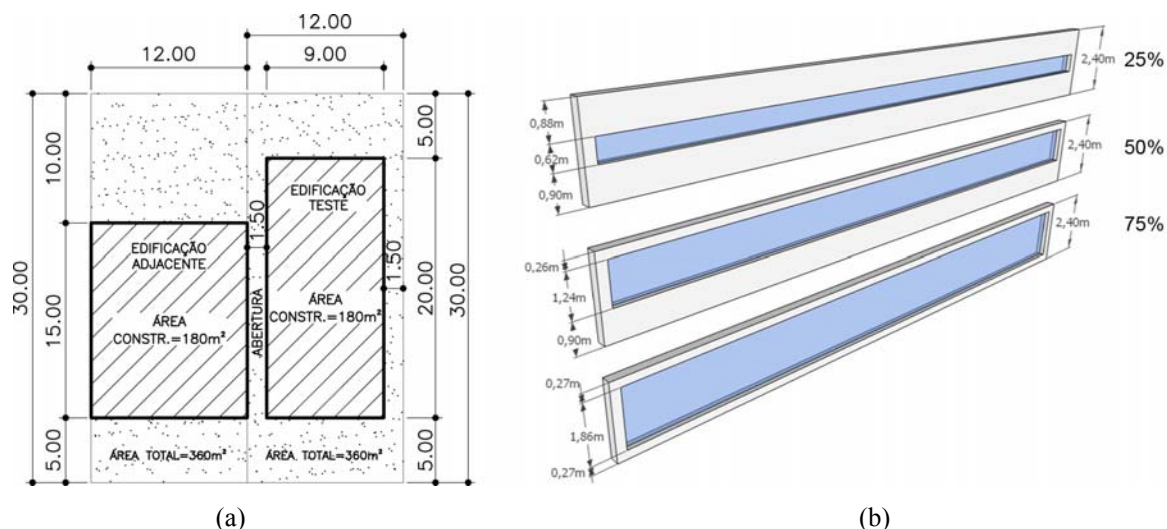


Figura 1 – (a) Planta de implantação adotada para edificação teste e edificação adjacente; (b) Diferentes valores de WWR adotados: 25%, 50% e 75%

Desta forma, finalizou-se o processo para definição da morfologia das edificações a serem utilizadas nas simulações. É demonstrado um exemplo do que seria uma implantação real da edificação adjacente e da edificação-teste de acordo com os parâmetros adotados (Figura 2).



Figura 2 – Exemplo de implantação conforme padrões de ocupação adotados

2.2 Seleção das orientações cardeais da divisa e das horas de corte para construção do envelope solar

Realizou-se inicialmente um levantamento preliminar das horas com disponibilidade de acesso solar para a abertura localizada na divisa da edificação teste, com a utilização da carta solar para a latitude de Curitiba (25°31'S). Com este levantamento, observou-se que, como esperado, a fachada sul não apresenta potencial significativo para o provimento de luz solar no período de inverno na latitude citada, sendo excluída da análise. O mesmo ocorreu para a situação de solstício de verão, pois neste período as alturas solares são mais altas, o que promove luz natural difusa, mas não acesso solar direto. Entretanto, esta condição não acarreta grandes prejuízos ao conforto, pois ocorre no período em que as temperaturas médias são maiores. Assim, foram selecionadas as seguintes orientações para a análise: NO, NE, E, SE, SO, O e NO.

Observou-se também que não só a orientação da divisa, mas também a sua posição em relação à localização da testada do lote influem no acesso solar final, quando analisadas sofrendo a influência da obstrução produzida pela edificação adjacente. De forma a elucidar o comportamento do acesso solar quando se varia a orientação da testada, utilizou-se novamente a carta solar correspondente à latitude de Curitiba para se observar o comportamento do acesso solar de acordo com as diferentes orientações de divisa e testada do lote, como demonstra o exemplo apresentado a seguir (Figura 3). A análise considerou como ponto de referência o centro da abertura localizada na divisa da edificação-teste. Nas figuras a seguir (Figura 3), o polígono em laranja representa o período em que seria obtido acesso

solar. No exemplo, a primeira implantação (Figura 3a) possui divisa NE e testada NO, com acesso solar aproximado das 14h20 às 15h00 (40 minutos diários), enquanto que a segunda implantação (Figura 2b) possui divisa NE e testada SE, com acesso solar aproximado das 13h30 às 15h00 (90 minutos diários).

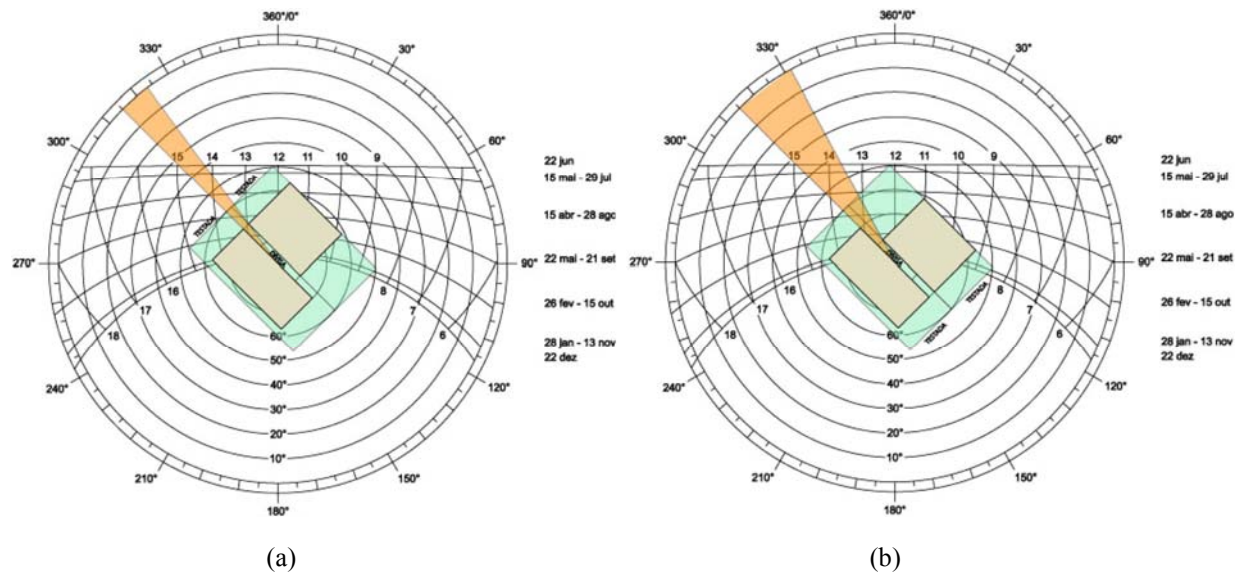


Figura 3 – Exemplo de simulações com a carta solar das implantações com obstrução na abertura da divisa e com variação da posição da testa para a latitude 25°31' S: (a) divisa NE com testada voltada para NO; (b) divisa NE com testada voltada para SE

Este procedimento foi realizado para todas as orientações avaliadas, e optou-se por selecionar as implantações com combinações de orientação de divisa e testada que possuíssem menor potencial de acesso solar, já que o intuito do trabalho é proporcionar acesso solar nas condições menos favoráveis. Como resultado, obteve-se as seguintes orientações de testada e divisa, que são as apresentadas a seguir (Figura 4).

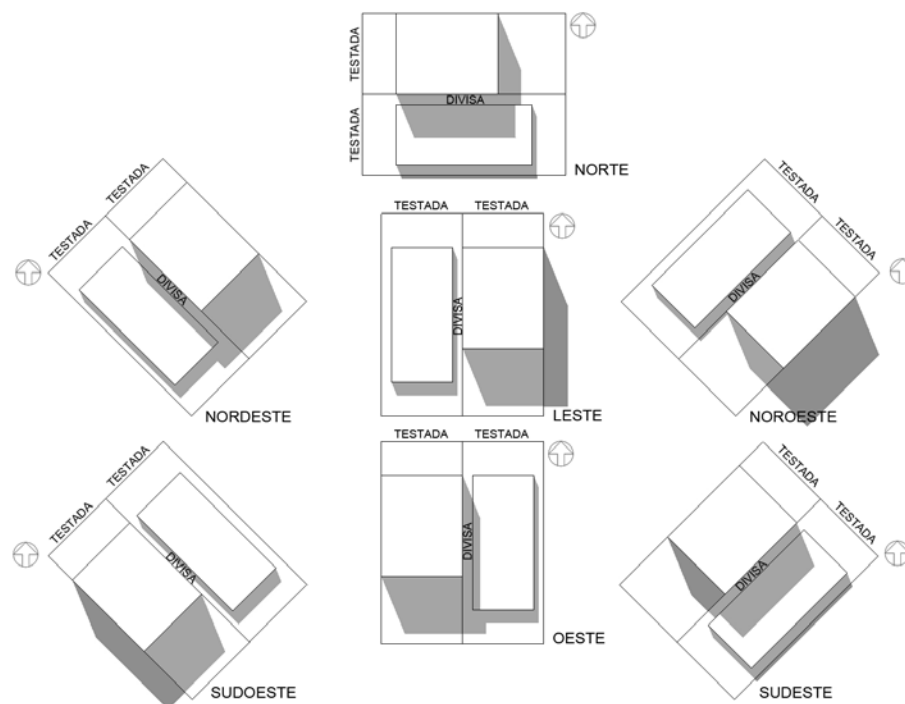


Figura 4 – Posição de divisa e de testada do lote padrão para cada orientação selecionada

Tendo sido feito o levantamento das horas de sol disponíveis para cada orientação, e a definição das combinações para orientações de divisa e testada, foi possível definir as horas de corte (ou *cut-off times*, período de tempo em que o envelope solar garantirá o acesso solar), e suas alturas solares correspondentes para a construção do envelope solar. Estes dados estão condensados na Tabela 2.

Tabela 2 - Ângulos solares no solstício de inverno (21/06) utilizados na elaboração do envelope solar para as divisas NE, E, SE, SO, O e NO, para as horas de corte definidas, relativas à latitude 25°31'S

Orientação da Divisa	Horas de Corte		Horas com acesso solar	Azimute	Altura Solar
	Início	Término			
N	08h00	17h00	9	± 33°	33°
NE	10h00	14h00	4	± 29°	31°
E	08h00	11h00	3	± 52°	11°
SE	08h00	09h00	1	± 52°	11°
SO	16h00	17h00	1	± 42°	22°
O	13h00	16h00	3	± 52°	11°
NO	10h00	14h00	4	± 29°	31°

Com a obtenção destes dados, dimensionou-se o envelope solar para cada situação de orientação de divisa e testada selecionadas. Para isso, adotou-se a metodologia de Knowles (2003). Ela baseia-se na utilização do percurso solar aparente para períodos específicos do ano, quando se deseja ter acesso a radiação solar por um período determinado de tempo. O envelope solar consiste no máximo volume que pode ser edificado, sem que este prejudique o acesso solar das edificações adjacentes, dentro do período das horas de corte.

Adotou-se também para a geometria do envelope solar a colocação em sua base de um patamar com a altura resultante correspondente a cada WWR adotado. Para WWR=25% e 50%, o patamar = 0,90m, e para WWR=75%, o patamar possui a altura de 0,27m. Isto não interfere no resultado do acesso solar, e tem como intuito minimizar a restrição volumétrica que ocorre quando se utiliza o envelope solar no dimensionamento das edificações. Um exemplo de patamar com altura=0,90m (WWR= 25% e 50%) é demonstrado na Figura 5.

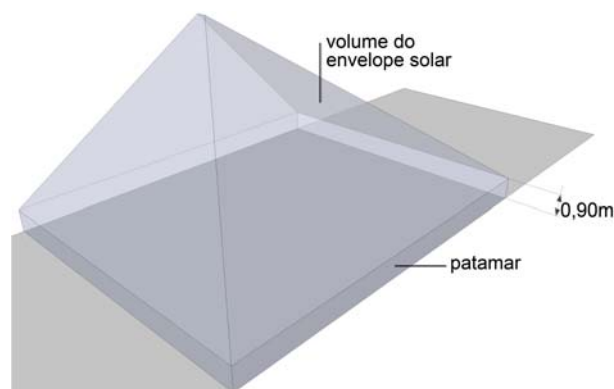


Figura 5 - Exemplo de volumetria para envelope solar construído sobre patamar de 0,90m

2.3 Simulação de iluminação natural com interior das edificações padrão com os softwares Google SketchUp Pro 7.0.8657 e Relux 2007.

As simulações de acesso solar para as alturas solares e projeções de sombras ao longo do dia no interior da edificação teste foram realizadas no programa Google SketchUp 7.0.657 Pro da Google. Este programa é disponibilizado na versão experimental válida por 8 horas, no endereço eletrônico do fabricante. Ele se destaca dos programas de modelagem tridimensional pela simplicidade de seu uso e pela integração com outros *softwares* do tipo CAD (*computer aided design* – desenho auxiliado por

computador). É possível, por exemplo, modelar virtualmente os ambientes a se simular em programas proprietários como AutoCAD ou Autodesk 3ds Max, que possuem mais ferramentas de detalhamento e renderização, e posteriormente importar estes objetos para o SketchUp para a realização da simulação. Após a realização da modelagem volumétrica, configurou-se a latitude e longitude para Curitiba com o comando *Model Info - Location* (Figura 6a). A abertura voltada para a divisa é direcionada para a orientação desejada com a utilização do comando *Solar Orientation*. Foram realizadas simulações para o solstício de inverno (21/06), nas horas de corte determinadas para cada orientação de divisa. No Google SketchUp 7.0.657, o horário e o período do ano são programados pelo comando *Shadow Settings* (Figura 6b).

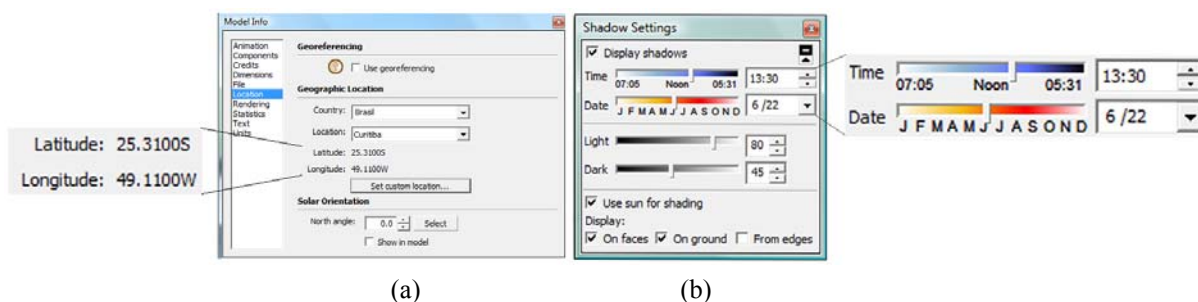


Figura 6 – Detalhe das janelas dos comandos (a) *Model Info* e (b) *Shadow Settings*

Para cada orientação de divisa, foram realizadas duas sequências de simulações: com a ocupação permitida pela legislação, e com a utilização do conceito de envelope solar. Estas por sua vez possuem três sub-sequências de simulações, para aberturas com WWR = 25%, 50% e 75%.

Como resultado das simulações, são obtidas as imagens que representam o comportamento do acesso solar para cada situação avaliada. A Figura 7 demonstra um exemplo de resultado visual de simulação para iluminação natural com parâmetros construtivos conforme legislação, obtido com o *software* Google SketchUp 7.0.657 (Figura 7a). A partir destas imagens, são obtidas as frações de luz/ imagem, pela determinação relação entre a área total da imagem e a área iluminada pelo sol (Figuras 7b e 7c).

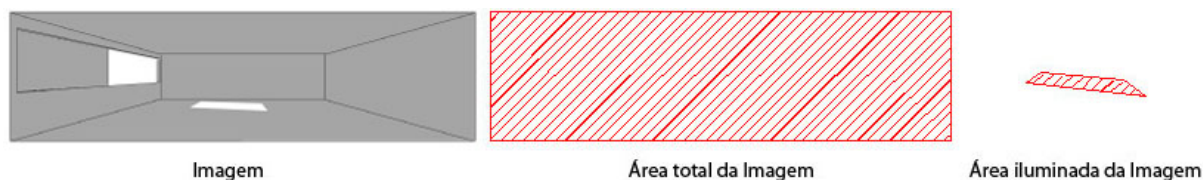


Figura 7 – (a) Imagem obtida com o Software Google SketchUp 7.0.657; obtenção da fração luz/imagem: ((b) área total da imagem; (c) área iluminada da imagem

Com os resultados obtidos nas simulações, comparou-se a variação do acesso solar para cada edificação analisada, quando utilizando a legislação e com o envelope solar. Relacionou-se as médias dos somatórios dos valores para cada horário obtidos para cada tipo de simulação. A seguir, relacionou-se numericamente os resultados para os dois tipos de ocupação, a fim de se avaliar o acréscimo ao acesso solar com o uso do envelope solar, e qual seria a influência do WWR. Com os dados de fração de luz avaliados, partiu-se para a análise das iluminâncias internas no ambiente da edificação-teste com o programa Relux Professional 2007. Este *software* possui ferramentas para realização de cálculos luminotécnicos, seja de iluminação natural ou artificial. Com ele é possível obter dados numéricos e visuais de iluminância, com menor tempo de renderização, quando comparado a outros programas como o RADIANCE, e com a vantagem adicional de ter a distribuição gratuita no site do fabricante. Após a construção da volumetria do ambiente que será analisado, que pode tanto ser feita no Relux Professional 2007 quanto importada de programas proprietários de modelagem como o AutoCAD ou o 3D Studio Max, procedeu-se à determinação dos horários desejados em *Data – Definição para divisão – Luz Natural*, e a configuração dos parâmetros geográficos em *Data – Definição para divisão – Luz Natural – Localização*. A Figura 8a indica as janelas dos comandos do programa para a entrada destes dados.

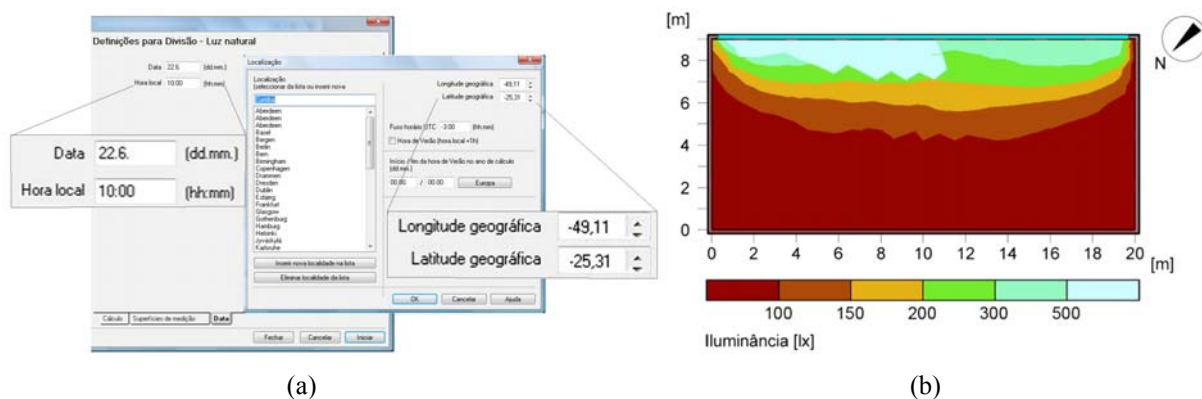


Figura 8 – Detalhe das janelas dos comandos *Luz Natural* e *Localização* do software Relux Professional 2007

Foram realizadas as modelagens do ambiente interno a ser avaliado, para cada combinação de testada e divisa, WWR, com obstrução e com envelope solar no Relux Professional 2007. Para as análises hora a hora foram selecionadas as horas de corte determinadas anteriormente para cada divisa. Adotou-se como valor de referência para iluminância o estabelecido pela Norma ABNT NBR 5413 (1992), que determina o nível mínimo de iluminação igual a 150 lux no caso de ambientes de estar em residências. Adotou-se também a recomendação da ABNT NBR 15215-3 (2005), que trata de iluminação natural, onde se sugere para procedimentos de determinação da mesma em ambientes internos a realização de simulações com o nível de iluminamento para o plano horizontal igual a 0,75m. O programa Relux Professional 2007 apresenta os resultados das simulações para iluminâncias em dados numéricos e em representações gráficas (distribuição dos valores numéricos, visualização de isolinhas, vista tridimensional da distribuição da luz, e representação das áreas com valores similares como manchas coloridas - cores falsas - no plano de referência, a que foi adotada neste trabalho) A Figura 8b representa um exemplo de simulação de iluminâncias obtido com o Relux Professional 2007, que fornece os valores médios, mínimos e máximos de iluminância (E).

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Tendo sido obtidos os resultados das simulações para fração de luz/imagem e de iluminância média (Em) para as orientações de divisa determinadas, foi estabelecido como critério para análise dos dados os valores para WWR=50%, por representar o valor médio dos WWR analisados (25%, 50% e 75%), evitando-se assim possíveis distorções provocadas por picos nas duas situações extremas. Assim, os resultados obtidos para as simulações com WWR=50% são apresentados no Gráfico 1a e 1b. No Gráfico 1a estão representados os valores de fração de luz/imagem e Em para todas as orientações simuladas. Com a análise dos resultados, observou-se que a fachada N apresentou valores muito maiores que as demais, tanto de fração luz/área quanto de Em, devido à sua natural disponibilidade de acesso solar para a latitude em questão. Optou-se assim por criar o Gráfico 1b, isolando os valores das demais divisas dos valores da fachada N a fim de facilitar sua análise. A observação destes valores permitiu que se concluísse que as orientações mais favoráveis para a obtenção do acesso solar, além da N, são as E, NE, O e NO, tanto para os valores de fração luz/área quanto de Em, para os dois tipos de implantação avaliados (conforme legislação e com a utilização do envelope solar), e que a utilização do envelope solar aumentou significativamente estes valores.

Já as orientações SE e SO foram as que apresentaram as condições menos favoráveis para o acesso solar. Tanto as diferenças encontradas em termos de valores numéricos de fração de luz / imagem e de Em para implantação conforme legislação, versus implantação com envelope solar, (ainda que estes último também tenha apresentando maiores valores), são significativamente inferiores aos apresentados pelas demais orientações. Estes resultados parecem se relacionar ao fato que estas orientações apresentam potencial de provimento de acesso solar naturalmente reduzido (08h00 às 09h00 para SE, e 16h00 a 17h00 para SO, conforme Tabela 2). A baixa potencialidade de acesso solar, somada aos reduzidos volumes para envelope solar produzidos para SE e SO, ocasionados pelos

baixos valores de suas alturas solares, fizeram com que a utilização destas orientações se inviabilizasse, sendo assim descartadas das recomendações finais do trabalho.

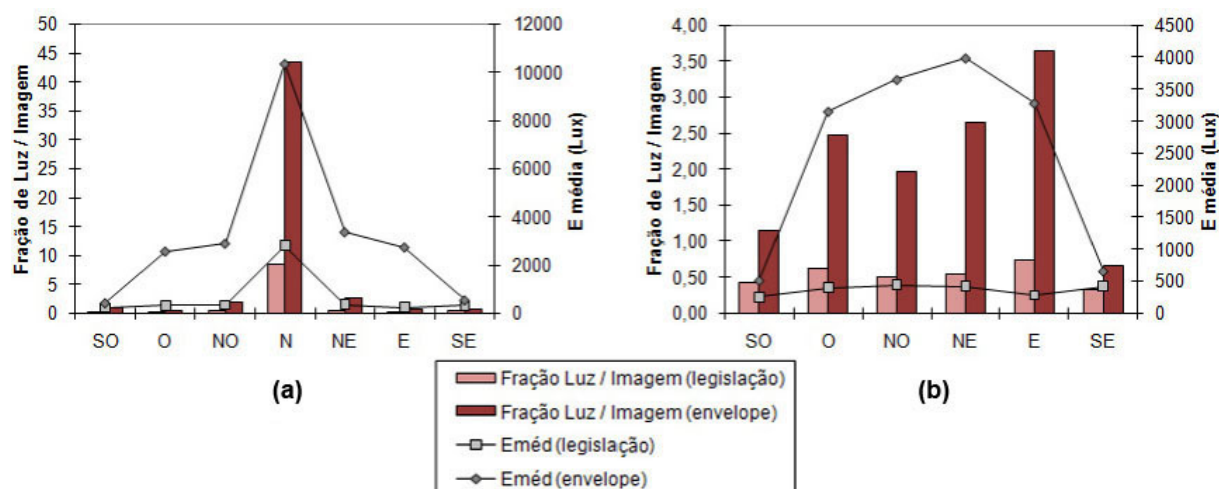


Gráfico 1 - Dados em fração de luz /imagem e Emédia obtidos em simulações para implantações conforme legislação e com a aplicação do conceito de envelope: (a) para todas as orientações; (b) excetuando-se a divisa N

Assim, visando obter períodos de horas insoladas maiores, com valores significativos de fração de luz/área e Em, e ao mesmo garantir valores volumétricos viáveis em que as edificações possam ser construídas, levantou-se os valores métricos e de ângulos para as orientações N, NE, E, O e NO. O dimensionamento dos possíveis volumes construtivos para as orientações selecionadas, que combinam o conceito de envelope às exigências da legislação vigente para a cidade, são apresentados na Figura 9.

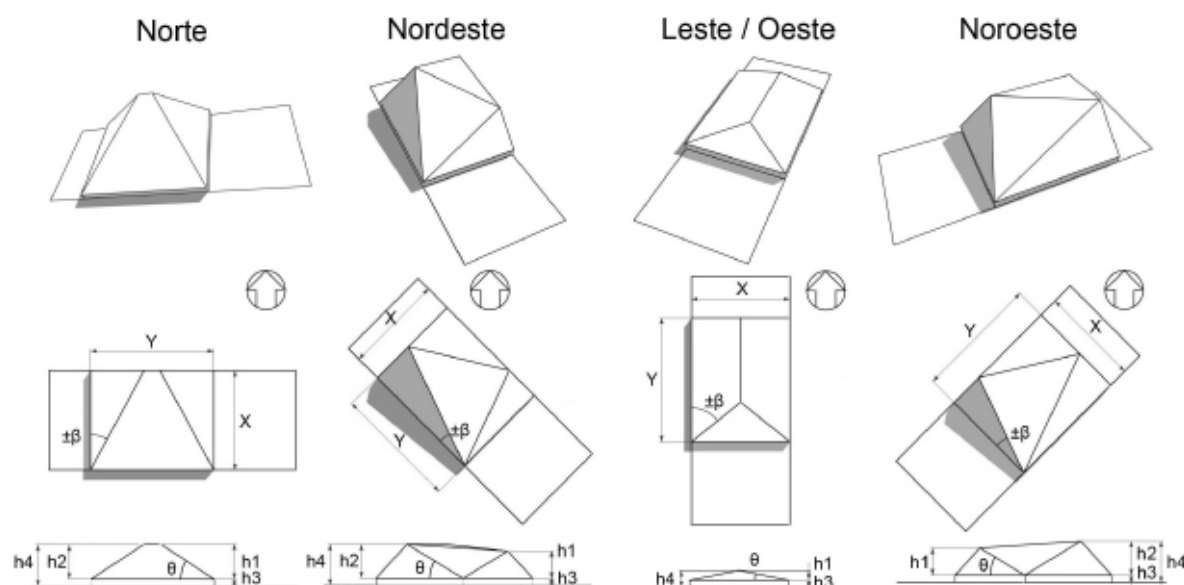


Figura 9 - Medidas e ângulos para os volumes geométricos resultantes da aplicação do envelope solar em lotes das ZR-2, para cada orientação

Na representação dos volumes construtivos, X e Y são os valores para largura e comprimento da base do envelope solar. Os ângulos β e θ indicam respectivamente o azimuth e a altura solar para as horas de corte definidas para cada orientação. O h1 é a menor altura, e o h2 é a maior altura definida pelo volume do envelope solar. O valor de h3 é fixo em 0,90 m, que representa a altura do patamar que representa a altura do peitoril da abertura para WWR = 50% (e é o valor mais comumente encontrado em construções padrão). Como dito anteriormente, isto foi feito para que a restrição à altura da edificação não aumentasse mais ainda, sem que prejudicasse o acesso solar obtido com o envelope solar. O valor de h4 é obtido pelo somatório da maior altura obtida e da altura de 0,90 m do patamar, e

representa a maior altura alcançada para o volume construtivo para a situação específica de orientação.

As maiores médias de alturas do volume obtido com a aplicação do envelope solar ocorreram nas orientações N e NE/NO. Verifica-se que a amplitude do valor de h4 variou de 2,07m (orientação E e O), a 5,14m (para orientações NE e NO). A altura mínima de 2,40m recomendada pela legislação (PMC, 2007) é atingida em todas para as orientações N e NE/NO, o que não ocorre nas orientações E/O. Estes dados numéricos foram compilados para a Tabela 3.

Tabela 3 – Tabela de medidas e ângulos para envelopes solares para cada orientação de divisa

Orientação	X	Y	β	θ	h1	h2	h3	h4
N	12,0 m	15,0 m	$\pm 33^\circ$	33°	4,24 m	---	0,90 m	5,14 m
NE/NO	12,0 m	15,0 m	$\pm 29^\circ$	31°	3,28 m	4,11 m	0,90 m	5,01 m
E/O	12,0 m	15,0 m	$\pm 52^\circ$	11°	1,17 m	---	0,90 m	2,07 m

Com base nos dados da análise, pode-se observar que, apesar destas orientações propiciarem um potencial considerável para acesso solar (mínimo de 3 horas diárias), têm a viabilidade de sua utilização comprometida devido à atual metragem restrita dos lotes, somada à possibilidade de se construir junto às divisas, que a legislação atual permite. Em conjunto, estes fatores favorecem o ocasionamento de um volume edificável pouco expressivo. Para que seu potencial pudesse ser aproveitado em sua plenitude, seriam necessárias alterações significativas nas metragens dos lotes. Isto envolveria questões de ordem econômica e cultural. A diminuição da densidade de ocupação e do aumento da metragem dos lotes acarretaria em quantidades menores de unidades habitacionais por terreno, o que em conjunto diminuiria a margem de lucro de incorporadoras. A alteração da cultura de aproveitamento máximo da área de terrenos teria de ser trabalhada, a fim de que os recuos deixassem de ser encarados como áreas “ociosas”, para passarem a ser elementos imprescindíveis na promoção da qualidade espacial das edificações. A criação de legislações específicas para as Zonas Residenciais que promovessem o aumento da metragem mínima dos lotes, e que prevíssem a aplicação do conceito de envelope solar na determinação da máxima volumetria permitida para a construção, proporcionariam em conjunto a produção de moradias mais confortáveis, sob o ponto de vista do conforto lumínico e térmico, que o provimento do acesso solar pode proporcionar.

4 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15215-3**: Iluminação Natural – Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- DERINGER, J. J.; BUSCH, J. F. **Vol. I**: Energy Standards. Eds. Berkeley: Califórnia, 1992. Disponível em: <<http://www.osti.gov/bridge/images/application-pdf.gif>>. Acesso em: 31 mai. 2010.
- KNOWLES, R. L. The solar envelope: it's meaning for energy and buildings. **Energy and Buildings**. Los Angeles, v.35, n.1, p.15-25, 2003.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. Eficiência Energética na Arquitetura. São Paulo: UFSC/Procel/Eletróbrás, São Paulo, 1997.
- PMC - PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Lei nº9.800, de 03 de janeiro de 2000**. Dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba e dá outras providências. Curitiba, 03 jan. 2000. Disponível em: <<http://sitepmcestatico.curitiba.pr.gov.br/servicos/governo/legislacao/zoneamento/9800.00.zip>>. Acesso em: 01 mai. 2010.
- PMC – PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. **Decreto 212/2007** – que aprova o regulamento de edificações da Cidade. Curitiba, 2007. Disponível em: <<http://sitepmcestatico.curitiba.pr.gov.br/servicos/urbanismo/legislacao/decreto212-07.pdf>> . Acesso em 01 mai. 2010.