

ILUMINAÇÃO NATURAL NO MEIO URBANO: ESTUDO DE CASO COM O MÉTODO DOS INDICADORES DE ALTURA ADMISSÍVEIS APLICADO A CAMPINAS, SP

Odair de Moraes; Paulo Sergio Scarazzato

Departamento de Arquitetura e Construção, Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP

Caixa Postal 6021 - CEP 13083-970 - Campinas/SP – Brasil

e-mail: engodairdemoraes@ig.com.br e-mail: paulosca@fec.unicamp.br

RESUMO

Este artigo apresenta uma breve análise feita para a cidade de Campinas, SP, da aplicação da metodologia dos Indicadores de Altura Admissíveis, ferramenta de projeto que se propõe a avaliar a influência das edificações circunvizinhas no potencial de iluminação natural dos edifícios, a partir de parâmetros relativos ao distanciamento entre eles e seus respectivos gabaritos de altura. Como o método foi desenvolvido para regiões de latitudes maiores do que as que cobrem o território brasileiro, faz também uma reflexão sobre sua possível aplicação nos instrumentos reguladores do uso e ocupação do solo urbano nas nossas cidades.

ABSTRACT

This paper presents a brief study of the Admissible Height Indicators applied to the city of Campinas, SP, Brazil. Such indicators permit to analyse the influence of the neighbour buildings on the daylight availability in the facade plans taking into account parameters as distance among such buildings and their heights. Since the method was proposed and verified for higher latitudes found in Brazil, this paper proposes a reflection about its possible usage in the land use and soil occupation policies for our towns.

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da geometria da insolação e da correspondente distribuição da luz natural decorrente da posição do sol na abóbada celeste são imprescindíveis quando se propõe a projetar tendo em vista o uso mais adequado possível da iluminação natural no interior dos edifícios. No meio urbano verticalizado e adensado, contudo, muitas vezes não é possível valer-se do potencial da luz do dia, razão pela qual critérios relativos a gabaritos de altura e espaçamento deveriam ser considerados nos instrumentos reguladores do uso do solo urbano.

Como no Brasil a legislação edilícia não leva em conta de forma minimamente satisfatória os aspectos concernentes à iluminação natural, este artigo relata uma simulação feita para a cidade de Campinas, SP, com o método dos indicadores de altura admissíveis, desenvolvido a princípio para regiões de latitudes maiores do que as que cobrem o território brasileiro. Naquela cidade, como na grande maioria dos municípios brasileiros a legislação permite que na região central, com ruas estreitas e lotes geralmente de reduzidas dimensões, sejam edificados prédios junto ao alinhamento do lote com a rua e a justificativa para o estudo aqui relatado deve-se à busca de possíveis diretrizes baseadas na mesma lógica daquele modelo, só que adequadas às nossas latitudes, climas e disponibilidade de luz natural,

para condições de céus claros e parcialmente nublados, os que nos são mais frequentes. Segundo ALLEN (1947), a quantidade de luz natural que se pode ter em um ponto particular de um ambiente qualquer no interior de um edifício depende em parte do tamanho do trecho do céu que possa ser visto desse ponto, razão pela qual o espaçamento entre edifícios e suas alturas são fatores importantes a considerar. Com o estudo de caso realizado objetivou-se buscar, a partir de um modelo existente, primeiro, a compreensão do assunto em maior profundidade, dada a sua complexidade e, segundo, a detecção de possíveis pontos a serem preservados ou modificados para uma avaliação das melhores relações possíveis de espaçamento entre edifícios em localidades situadas em latitudes menores que aquelas para as quais o modelo foi originalmente idealizado.

2. METODOLOGIA

No presente estudo, escolheu-se aleatoriamente uma rua da região central da cidade de Campinas, SP, onde não ocorresse muitas edificações altas. O local escolhido é uma via de circulação com 12,20 m. de largura e a quadra escolhida possui apenas três edifícios altos (Fig.1); as demais edificações são casas térreas antigas cujas alturas variam de 4 a 5 m de altura. Os três edifícios altos são residenciais, tendo sido edificados junto ao alinhamento do lote com a rua. O edifício A, com 11 pavimentos (mais o pavimento térreo), o edifício B com 12 pavimentos (mais o salão de festas e o pavimento térreo) localizado em frente ao edifício A, e o edifício C edificado ao lado do edifício B, tem 10 pavimentos mais o pavimento térreo. O edifício B apresenta um recuo de 5 m. após o pavimento correspondente ao salão de festas. O estudo procurou verificar, de acordo com o método utilizado, até que ponto as presenças dos edifícios B e C interferem negativamente na iluminação natural do edifício A

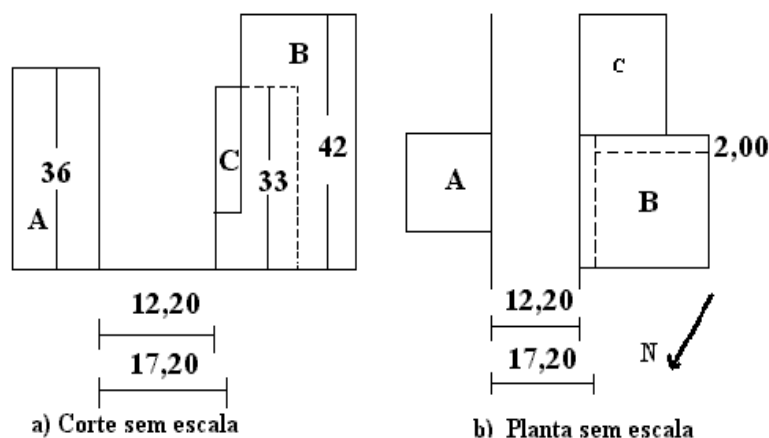


Figura 1. Esquema do corte e da planta representativa dos edifícios A , B e C

2.1 Indicadores de Altura Admissíveis

Os Indicadores de Altura Admissíveis (Fig.2), são ferramentas simples que permitem determinar as limitações na largura e altura angulares de edificações que causam obstrução à luz natural do céu (HOPKINSON et al., 1975).

2.1.1 Construção dos Indicadores

Os Indicadores foram desenvolvidos com base nas recomendações do "Daylight Code" , norma inglesa que procura assegurar que a luz natural esteja presente sobre e entre as fachadas de um grupo de edifícios, além de proporcionar boas condições de iluminação natural externa e interna. (ROBBINS, 1986; HOPKINSON et al., 1975).

2.1.1.1 Método descrito por ROBBINS

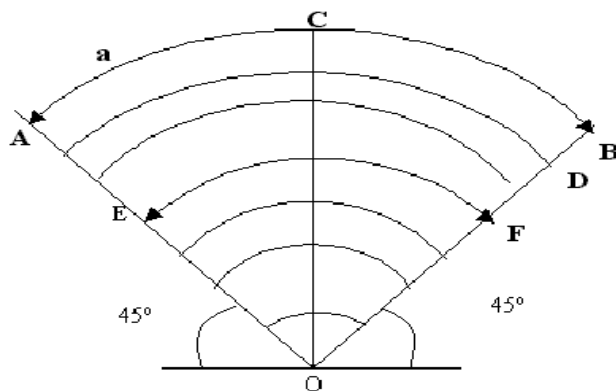
Os Indicadores de Altura Admissível levam em consideração a latitude do local onde o edifício será edificado e a tipologia do céu – claro ou encoberto (Fig.2A), e foram desenvolvidos tanto para

edifícios comerciais como para edifícios residenciais levando-se em conta a necessidade de iluminação natural para cada caso, se a edificação existe ou se ainda é apenas um projeto. Desta maneira, eles se baseiam na fixação de ângulos horizontais e verticais, que juntos formam um cone de visão. O ângulo horizontal (Fig.2A) admitido de visibilidade do céu (a) é fixado em 90°, e o ângulo vertical admitido (θ), acima do qual o céu se torna visível para um determinado ponto de referência e a altura (H) da edificação que gera ou poderá gerar a obstrução do céu. O ângulo vertical admitido (θ) depende da latitude e das condições do céu. Para céu claro, a determinação do ângulo vertical é baseada na garantia de que 5% do céu acima do horizonte para esse ângulo esteja desobstruído. Para céu encoberto, a variação da latitude na disponibilidade da luz natural não é tão distinta e o mesmo ângulo vertical (θ) pode ser usado para todas as diversas latitudes (Tabela 1). A distância D entre o ponto de referência (edifício) até a edificação de altura (H) que causa a obstrução, pode ser determinada pela Equação 1:

$$D = \left(\frac{H}{\text{tg}\theta} \right) \text{sen } S \quad [\text{Eq. 01}]$$

O ângulo vertical (θ) é obtido na Tabela 1,

S é a inclinação da abertura, em relação a uma abertura vertical, tendo uma inclinação de 90°



AB = ângulo horizontal (a) de visão do céu -
 EF = ângulo vertical (θ) acima do qual o céu é visível
 OD = altura da edificação (H)
 Figura 2A - Descrito por ROBBINS (1986)

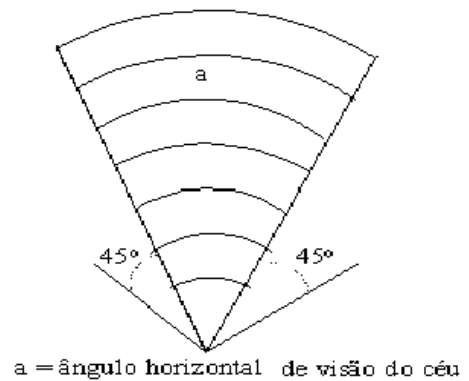


Figura 2B - Descrito por HOPKINSON et al (1975)

Figura 2 – Esquema de um Indicador de Altura Admissível

Para os prédios comerciais existentes e para os futuros, foram desenvolvidos os Indicadores de Altura Admissíveis ou Protetores Série CB (Commercial Building-to-Building overlay) e Série CP (Commercial Property Line Building overlay). Para os prédios residenciais futuros, foram desenvolvidos os Indicadores da Série RB (Residential Building-to-Building overlay), compostos por RB1 (futuros edifícios), RB2 e RB3 (edifícios existentes); e a Série RP (Residential Property Line overlay), composto por RP1 (futuros edifícios), RP2 e RP3 (edifícios existentes). Os Indicadores das Séries CP e RB são aplicados na fachada dos edifícios; os das Séries CP e RP em edifícios com recuos, que podem ser em relação ao eixo da rua ou do alinhamento do lote com a rua (ROBBINS, 1986). A Tabela 2 apresenta o valor do ângulo horizontal (a) para os Indicadores Residenciais da Série RB e RP, desenvolvidos para edifícios residenciais futuros e existentes.

2.1.1.2 Método descrito por HOPKINSON et al. (1975)

Os Indicadores de Altura Admissíveis compreendem quatro grupos; dois para edifícios não residenciais (séries A e C) e dois para edifícios residenciais (B e D). Os Indicadores das séries A e B são usados no limite do lote ou no eixo da rua; já os das séries C e D são usados na fachada da edificação. Os Indicadores são construídos com base na Eq.1. A Tabela 3 fornece o valor do ângulo vertical (θ) e do ângulo horizontal (a). Na proposta de HOPKINSON et al. (1975), não há indícios de

que a latitude do lugar seja considerada na determinação do ângulo vertical admitido (Tabela 3). Na Fig.2B é apresentado o Indicador descrito por HOPKINSON et al. (1975).

Tabela 1 - Ângulo vertical admitido (θ) acima do qual o céu é visível, para edifícios residenciais e comerciais para diversas latitudes

Latitude	Edifícios Comerciais		Edifícios Residenciais	
	Ângulo Vertical (θ)	Ângulo Vertical (θ)	Ângulo Vertical (θ)	Ângulo Vertical (θ)
	Abrangência Edifício-a-Edifício	Abrangência da Linha Própria do Edifício	Espaçamento entre Edifícios	Espaçamento da Linha Própria do Edifício
	Indicador Série CB 1	Indicador Série CP 1	Indicador Série RB	Indicador Série RP
<24	40,2	60,0	30,2	49,8
28	38,2	57,3	28,7	47,6
32	36,8	55,2	27,6	45,8
36	34,6	51,9	26,0	43,1
40	32,8	49,2	24,6	40,8
44	30,6	45,9	23,0	38,1
48	28,2	42,3	21,2	35,1
52	25,8	38,7	19,4	32,1
56	23,3	35,0	17,5	29,1
encoberto	40,0	60,0	30,0	49,0

Fonte: ROBBINS (1986)

Tabela 2 – Indicadores de Altura Admissíveis para edifícios

Indicador	Abrangência Edifício a Edifício			Abrangência da Linha Própria do Edifício		
	Tipo	Projetos novos	Existente	Projetos novos	Existente	
Residencial- Série a é fixado em:	RB 1	RB 2	RB 3	RP 1	RP 2	RP 3
	90°	45°	15	130	65°	16,25°
Comercial- Série a é fixado em:	CB 1	CB 2	CB 3	CP 1	CP 2	CP 3
	90°	45°	22,5	130	65°	21,75°

a = ângulo horizontal admitido de visibilidade do céu

Obs.: Na construção dos Indicadores para edifícios comerciais CB2, o ângulo vertical (θ) de visão do céu obtido na Tabela 2 deve ser multiplicado por 1,3 e para o Indicador CB3, o ângulo vertical (θ) deve ser multiplicado por 1,6.

Fonte: ROBBINS. (1986)

Tabela 3 - Ângulo vertical e horizontal, admitidos para edifícios residenciais e não residenciais.

Edifício Residencial						Edifício Não Residencial					
Indicador na Fachada			Indicador no eixo da rua			Indicador na Fachada			Indicador no eixo da rua		
Série	θ	a	Série	θ	a	Série	θ	a	Série	θ	a
D1	25°	45°	B1	43°	65°	C1	40°	45°	A1	59°	65°
D2	20°	35°	B2	36°	45°	C2	35°	30°	A2	55°	35°
D3	15°	25°	B3	28°	30°	C3	30°	20°	A3	49°	20°
D4	10°	20°	B4	19°	20°	C4	25°	15°	A4	43	15°

a = ângulo horizontal de visão do céu. θ = ângulo vertical admitido acima do qual o céu é visível

Fonte: HOPKINSON et al. (1975)

3. AVALIAÇÃO DA OBSTRUÇÃO DA LUZ NATURAL DO CÉU NO EDIFÍCIO A

Na presente avaliação, foi considerada a obstrução gerada diretamente pela edificação B sobre o edifício A. Como os edifícios são residenciais, os Indicadores de Altura Admissíveis utilizados são os

das Series RB e RP segundo os estudos de ROBBINS (1986) e, os Indicadores Série D1 e B1 no caso de HOPKINSON et al. (1975). Na Tabela 4 é apresentado um resumo dos resultados para a construção dos Indicadores através da Eq.1.

Tabela 4 - Planilha resumo do cálculo dos Indicadores

Latitude da cidade de Campinas, SP – 22° 53' S – céu claro									
Da Tabela 1 : $\theta = 30,2^\circ$ para Série RB e $\theta = 49,8^\circ$ para a Série RP						D = H / tg θ			
Da Tabela 3: Série D1 $\theta = 25^\circ$ e a = 45° Série B1 $\theta = 43^\circ$ e a = 65°									
Altura da edificação	Abrangência Edifício a Edifício Série RB		Abrangência da Linha Própria do Edifício Série RP		Indicador SérieD1		Indicador Série B1		
	fachada do prédio		no eixo da rua		fachada do prédio		no eixo da rua		
H (m)	RB 2 - a = 45°		RP 2 - a = 65°		a = 45°		a = 65°		
	RB 3 - a = 15°		RP 3 - a = 16,25°		$\theta = 25^\circ$		$\theta = 43^\circ$		
		tg θ	D (m)	tg θ	D (m)	tg θ	D (m)	tg θ	D (m)
30			51,55		25,35		64,34		32,17
40	0,58201		68,73	1,118334	33,80	0,4663	85,78	0,9325	42,89
45			77,32		38,03		96,50		48,25

a = ângulo horizontal admitido de visão do céu.

θ = ângulo vertical admitido, acima do qual o céu é visível (obtido na Tabela 1 e Tabela 3)

D = distância entre os edifícios para que não ocorra obstrução (obtida pela equação 1)

Dados sobre as edificações

Edifício A - existente: junto ao alinhamento, sem recuo a partir do 1° andar - 12 Pavimentos (36 m)

Edifício B - existente: junto ao alinhamento; recuo de 5 m a partir do 1° andar - 14 Pavimentos (42 m)

Edifício C - existente: junto ao alinhamento, sem recuo a partir do 1° andar - 11 Pavimentos (33) m

3.1 Análise dos Resultados

Segundo HOPKINSON et al. (1975), ao se utilizar um Indicador de Altura Admissível, deve-se considerar o de altura maior que o edifício objeto de estudo; no caso do edifício B (42 m de altura), o Indicador a ser utilizado deverá ser para um edifício de 45 m. Através dos valores obtidos na Tabela 4 conclui-se que a luz que incide na fachada da edificação A não se encontra dentro do recomendado.

Relativamente à distância, para ROBBINS (1986) esta deveria ser, no presente caso, de 77 m, enquanto que para HOPKINSON et al. (1975), de 96 m. A diferença encontrada é função do valor do ângulo vertical admitido (θ), utilizado em cada um dos estudos.

A edificação B foi projetada, executada e aprovada (Habite-se) sob a vigência da LEI 6031/88 DE ZONEAMENTO DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS SP (1988), que preconiza para edificações localizadas na área onde se encontra a edificação B, que a altura máxima de uma edificação é obtida, através da equação: $H = 1,5L + 2R$, onde L é a largura da via de circulação (largura mínima considerada 14 m, mesmo que a via tenha largura inferior) e R o recuo facultativo da edificação. Quando a edificação apresentar pavimentos escalonados, a verificação da altura será feita isoladamente para cada pavimento ou grupos de pavimentos. Pela LEI, a edificação B deveria ter a altura máxima de 31m (L = 14 m e R = 5m). A altura da edificação B é de 36m (H = 42m - 3m do salão de festa - 3m do térreo = 36m). Na legislação vigente há um dispositivo que permite, em função do zoneamento, um acréscimo na altura máxima das edificações, sem qualquer referência implícita ou explícita referente aos critérios nos quais se baseia. Para uma comparação entre os valores encontrados através dos Indicadores de Atura Admissível e a LEI 6031/88, determinou-se o valor do ângulo vertical θ . Teve-se como ponto de referência o edifício A, a distância até o edifício B igual a 19 m (L = 14m largura da rua + 5m o recuo do edifício B) e, a altura do edifício B igual a 36m; aplicando esses valores na equação: $\text{tg } \theta = H/L$ obteve-se $\theta = 62,72^\circ$. Segundo ROBBINS (1988) para céu claro o ângulo vertical θ deve garantir que 5% do céu acima da linha do horizonte para esse

ângulo esteja desobstruído. De forma expedita determinou-se que para o ângulo vertical $\theta = 62,72^\circ$, apenas 2,28% do céu acima da linha do horizonte gerada por esse ângulo se encontra desobstruída. O texto da LEI 60.31/88 não menciona quais foram os parâmetros utilizados para a determinação da equação $H = 1,5L + 2R$ e este fato dificulta uma análise comparativa dos resultados obtidos entre os Indicadores e a referida LEI. Para se obter uma idéia mais esclarecedora sobre a questão, realizou-se a análise das obstruções geradas pelas edificações B e C sobre A através da utilização do diagrama solar. Segundo BITTENCOURT (1988), a máscara de obstrução permite obter a representação gráfica nas Cartas Solares dos obstáculos que impedem a visão da abóbada celeste por parte de um observador localizado em um local qualquer.

4. DIAGRAMA SOLAR

Os Indicadores de Altura Admissível não levam em consideração a orientação da edificação, mas apenas a latitude do local; a LEI 6031/88 DE ZONEAMENTO DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS SP (1988) também não considera a orientação da edificação. O edifício A, tem a sua fachada frontal sudoeste e os edifícios B e C têm suas fachadas frontais orientadas a nordeste (Fig.3). O transferidor auxiliar foi aplicado considerando o observador posicionado no pavimento térreo, bem no centro da fachada do edifício A. A Figura 3 apresenta o esquema utilizado para a medição dos ângulos necessários à construção das diversas máscaras de obstrução. Foram consideradas várias distâncias da via de circulação entre os edifícios A e os edifícios B, para se avaliar para cada distância a obstrução da luz natural do céu que o edifício A poderá sofrer por parte de B e C. A Tabela 5 apresenta o resumo dos ângulos medidos graficamente para cada distância da via de circulação entre o edifício A e os edifícios B e C.

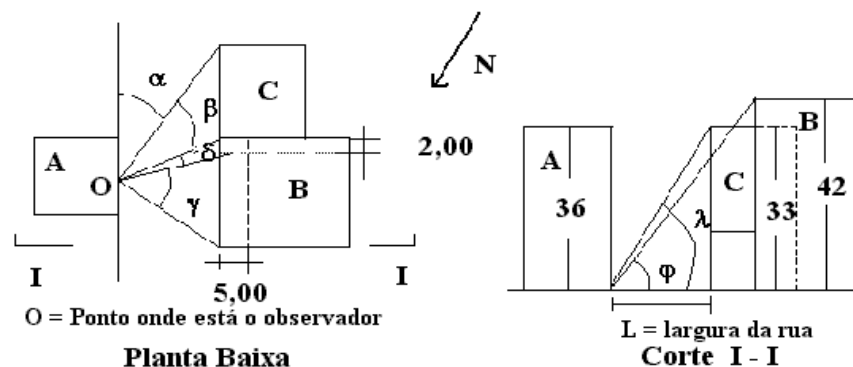


Figura 3 Esquema sem escala utilizado para a aplicação do transferidor auxiliar

TABELA 5 - Valores dos ângulos obtidos segundo o esquema da Figura 4 para cada distância entre os edifícios A e B.

Largura da rua em metros L	Valor dos ângulos em graus medidos no esquema apresentado na Figura 4					
	Ângulos horizontais				Ângulos verticais	
	α	β	δ	γ	λ	φ
15,00	30°	38°	6°	43°	65°	71°
20,00	37°	36°	5°	34°	59°	65°
25,00	44°	32°	4°	27°	55°	59°
30,00	49°	28°	4°	22°	47°	55°
40,00	56°	26°	3°	16°	39°	47°
50,00	63°	19°	3°	14°	33°	40°
60,00	67°	17°	3°	11°	29°	35°
80,00	72°	13°	2°	8°	22°	28°
100,00	75°	12°	1°	7°	18°	22°

Na Tabela 5 é possível observar que à medida em que se aumenta a largura da via de circulação entre os edifícios A, B, os ângulos verticais (λ e φ , Fig.3) diminuem e, com isto o trecho visível do céu e a sua luz natural aumentam para o observador localizado na fachada do edifício B, como já era de se esperar. Este fato pode ser comprovado através da construção da máscara de sombra para cada uma das distâncias da via de circulação. Com os dados angulares obtidos a partir da carta solar, é possível concluir, que no caso dos edifícios analisados, a largura da via de circulação entre os edifícios A e B deveria medir 77m (a via de circulação existente mede apenas 12,20m), para que a disponibilidade de luz natural do céu disponível na fachada da edificação A estivesse dentro das recomendações do "Daylight Code". O resultado encontrado indica a necessidade de remodelação da Legislação Edilícia vigente para esta questão da disponibilidade de luz natural na fachada das edificações e, da realização de estudos visando a adaptação desta metodologia para sua aplicação às baixas latitudes que cobrem o território brasileiro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os Indicadores de Alturas Admissíveis: a) podem ser ferramentas de grande utilidade no desenho urbano, permitindo ao projetista realizar uma disposição mais racional de um conjunto de blocos de edifícios num determinado local, além de garantir que uma quantidade suficiente de luz natural possa chegar à fachada de qualquer um dos edifícios e também entre eles; b) podem evitar que um edifício projetado venha a obstruir, uma vez implantado, a luz solar de que desfrutam seus vizinhos; c) Não prescindem de uma análise cuidadosa da insolação nas fachadas, e de seu eventual controle, em particular nas regiões tropicais e subtropicais. Uma vez que a utilização dos Indicadores de Alturas Admissíveis resulta no aumento de espaços livres entre as edificações, seu uso poderá contrariar interesses imobiliários, e somente uma ação conjugada com ações do poder público que levem em conta os aspectos ambientais e energéticos envolvidos é que poderá resultar em instrumentos legais devidamente dimensionados para atendimento aos legítimos interesses em benefício de toda a coletividade. Por fim, dado o estágio atual das pesquisas sobre a matéria no Brasil, um caminho recomendável é o da construção de modelos em escala reduzida e a realização de medições nos mesmos, se possível sob condições de céu real, e para distintas orientações e implantações. Tais medições, devidamente tabuladas, poderão ser utilizadas para derivar algoritmos e/ou gráficos que poderão dar indicações seguras sobre critérios de espaçamento entre edifícios que levem em conta a possibilidade de uso racional da luz natural. E esta é a meta que está sendo delineada em proposta de pesquisa para programa de doutorado do primeiro autor deste artigo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, W., ARCH, B. and CROMPTON, D. (1947). A form of Control of Building Development in Terms of Daylighting, *Journal of The Royal Institute of British Architect.* England, p. 491-499. Aug 1947.
- ALLEN, W. (1943) Daylighting of Building in Urban Districts, *Journal of The Royal Institute of British Architect.* England, p. 85-87, Jan. 1943.
- BITTENCOURT, L. (1986). **Uso das Cartas Solares: Diretrizes para Arquitetos.** 2 ed. rev. Edufal Maceió. 95 p.
- CROMPTON, D. H. (1955) . The Daylighting Code. *Revista The Town Planning Review,* Liverpool University, England vol. XXVI nº 3, p.155-164. Oct. 1955.
- FAWCETT, W. (1983). A Note On The Obstruction Angle Model for Block Spacing. *Revista Building and Environment,* England, vol. 18, p.125-128, 1983.
- HOPKINSON, R. G., PETHERBRIDGE, P. and LONGMORE, J. (1975) Iluminação **Natural.** Tradução Antônio Sarmiento Lobato de Faria, Editora Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, p.503-524.
- LEI 6031/88 DE ZONEAMENTO DO MUNICÍPIO DE CAMPINAS** (1988), Campinas, SP.
- ROBBINS, C. L. (1986) **Daylighting and Analysis.** Van Nostrand R, New York. p.129-153