



## III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

### DIA LUMINOSO TÍPICO: CONCEITUAÇÃO E APLICAÇÃO

Paulo Sergio Scarazzato, Arquiteto, Dr.  
Faculdades de Arquitetura e Urbanismo da USP e da PUCCAMP  
Rua do Lago, 876, CEP 05508-900 - São Paulo - SP  
Tel.: (011) 818 4571; Fax 818 4539; E-mail: pasezato@usp.br

#### RESUMO

Apresenta-se neste artigo o software DLN, desenvolvido com o objetivo de suprir a falta de informações sobre a disponibilidade de luz natural em planos horizontais e verticais quaisquer externos às edificações. Resultante do aperfeiçoamento de um modelo preditivo, tornou possível que se conceituasse o **Dia Luminoso Típico de Projeto** e que se construísse um banco de dados com os Dias Luminosos Típicos de Verão, Outono, Inverno e Primavera para todas as capitais brasileiras. Por comparação entre os valores obtidos, conclui-se que o modelo apresenta boa margem de confiabilidade como subsídio ao design dos sistemas de iluminação natural dos ambientes construídos.

#### ABSTRACT

This article presents the software DLN, which results from the development of a predictive model that rendered possible to define the Typical Luminous Design Day, and was created for supplying the lack of information about the daylight availability in any horizontal and vertical plans outside the buildings. The software DLN became possible to made a data basis with the Typical Luminous Days of Summer, Autumn, Winter and Spring for all the brazilian capitals. Comparing the obtained values it is possible to conclude that the model presents a good margin of reliability as a subsidy to the natural lighting systems design of the built environment.

#### PALAVRAS-CHAVE

iluminação natural; modelo preditivo; dia luminoso típico; banco de dados

#### INTRODUÇÃO

Uma das maiores dificuldades no estudo da iluminação natural dos ambientes construídos diz respeito à falta de informações confiáveis sobre a disponibilidade de luz natural na localidade objeto de estudo, as quais só podem ser obtidas de duas maneiras: 1) através de medições sistematizadas, o que pressupõe a existência de recursos materiais e humanos, bem como de um período de tempo suficientemente longo para evitar-se erros decorrentes de atipicidades sazonais ou anuais, e 2) através da utilização de algum modelo preditivo suficientemente embasado em conceituações previamente testadas. Buscando-se criar um banco de dados sobre a disponibilidade de luz natural em localidades brasileiras, optou-se pela adoção de um modelo preditivo, única alternativa viável no momento. A partir do estudo das bases conceituais de tais modelos, e de uma pesquisa bibliográfica, optou-se por aquele preconizado pela IES - Illuminating Engineering Society of North America (IES, 1984), pelos seguintes motivos:

- O modelo é universalmente aplicável, pois permite trabalhar-se com as variáveis adequadas à localidade objeto de estudo.
- Dá informações referentes a três tipos de céu: claro, parcialmente nublado e encoberto.

- É proposto e avaliado por entidade de competência e idoneidade reconhecidas internacionalmente.

## CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DO MODELO ADOTADO

O trabalho da IES é resultante de uma ampla investigação sobre inúmeras outras propostas idealizadas por pesquisadores de vários países, abrangendo um intervalo de tempo de cerca de sessenta anos. Do estudo feito, chegou-se à conclusão de que embora os modelos fossem distintos entre si, as curvas médias resultantes eram sempre muito similares, o que permitiu a derivação de algoritmos universalmente aplicáveis.

O modelo em questão considera como dados de entrada a latitude, a longitude, o meridiano padrão, o azimute da elevação (para cálculos das iluminâncias sobre planos verticais), a data e a hora legal da localidade objeto de estudo.

A hora legal é convertida pelo programa em hora solar. Depois, são computados uma série de ângulos que dão a posição do sol no céu, delineiam sombras e referem-se à orientação da edificação considerada. Por fim, para uma condição particular de céu, as equações sobre a disponibilidade de luz natural são usadas para computar a iluminação natural, como valor de referência para projeto, sobre os planos desejados. Deve-se observar que os resultados não representam valores instantâneos, mas sim médios, no dia, hora e tipo de céu referidos para a localidade considerada.

## DLN. SOFTWARE PREDITIVO DA DISPONIBILIDADE DE LUZ NATURAL

A partir das equações do modelo referido no parágrafo anterior para o cálculo preditivo da disponibilidade de luz natural, estruturou-se o **software DLN**, cujo nome evoca justamente as iniciais de *disponibilidade de luz natural*. Para tanto utilizou-se a **linguagem C++**, com **compilador Borland C - versão 4.0**.

Tão logo a primeira versão ficou pronta, decidiu-se adotar também nas questões relativas à iluminação natural, o conceito de **Dia Típico**, de uso já consagrado na área do conforto térmico. Surgiu assim o conceito de **Dia Luminoso Típico de Projeto** (Scarazzato, 1992), ou simplesmente **Dia Luminoso Típico**.

O Dia Luminoso Típico é determinado pelo DLN da seguinte maneira: uma vez selecionado o período desejado, o programa calcula a média de todos os valores obtidos, em separado para condições de céu claro, parcialmente nublado e encoberto, e depois busca dentro o período estabelecido, o dia cujos valores calculados mais se aproxima daquela média (moda).

O cálculo da moda, um dia que efetivamente ocorre e que está o mais próximo possível da média, foi feito da maneira a seguir descrita:

- Dados dois dias (dia inicial/mês inicial e dia final/mês final) e variando-se internamente a hora dentro deste conjunto de valores {8,10,12,14,16,18}, obtém-se a somatória de luz horizontal disponível para cada um dos horários e dias solicitados.
- Divide-se cada um destes totais pelo total de dias do período selecionado, obtendo-se a média para cada tipo de céu.
- Procura-se dentro do período selecionado o dia que apresenta o menor desvio-padrão em relação à esta média, para cada um dos três tipos de céu. O dia desta forma selecionado é considerado o **Dia Luminoso Típico** para o período escolhido.

Para a apresentação dos resultados foi usado o software **Microsoft Excel - Versão 5.0**, que permite programação em **Visual Basic for Applications**, o que possibilitou, por sua vez, o uso ordenado de uma **DLL** (dynamic linking library) do **Windows 3.1**, para calcular a moda dos períodos selecionados e apresentar uma tabulação dos dados e um gráfico de linhas para cada tabulação feita.

Observe-se que o programa sempre vai escolher o Dia Luminoso típico para os três tipos de céu, cabendo ao projetista a adoção de um deles, de preferência o dominante na localidade objeto de estudo e cuja informação sobre o tipo prevalecente pode ser obtida junto aos organismos públicos concernentes.

## **APLICAÇÕES E LIMITAÇÕES DO SOFTWARE DLN**

O software DLN pode subsidiar os cálculos da iluminação natural no interior dos ambientes construídos, bem como o design dos sistemas de iluminação natural, a formulação ou revisão dos códigos de obras e instrumentos reguladores da ocupação e uso do solo.

Da mesma forma, pode subsidiar a análise do desempenho energético de edifícios, pelo fato de poder dar informações sobre a disponibilidade horária de luz natural em planos horizontais e verticais quaisquer.

Como deficiência de precisão, o programa parece não ser sensível para as primeiras e últimas horas do período diurno, o que não tem grande importância tendo em vista que o expediente diurno padrão vai das 8:00 h. às 18:00 h. Outro aspecto não considerado pelo software, mas que é decorrente do modelo que o originou, é a altitude da localidade com relação ao nível do mar, o que pode significar alguma imprecisão, mas que igualmente se torna irrelevante tendo em vista que os valores das iluminâncias são fruto de uma interação estatística aplicável ao projeto, e nunca a valores instantâneos.

A análise dos gráficos e tabelas gerados para todas as capitais brasileiras (Scarazzato, 1995) mostrou que o modelo é confiável para gerar informações sobre a disponibilidade de luz natural em planos horizontais e verticais quaisquer, externos às edificações, as quais servirão como subsídio às atividades de projeto de arquitetura, no concernente ao design de sistemas de iluminação natural lateral ou zenital, notadamente na ausência de bancos de dados resultantes de medições sistematizadas.

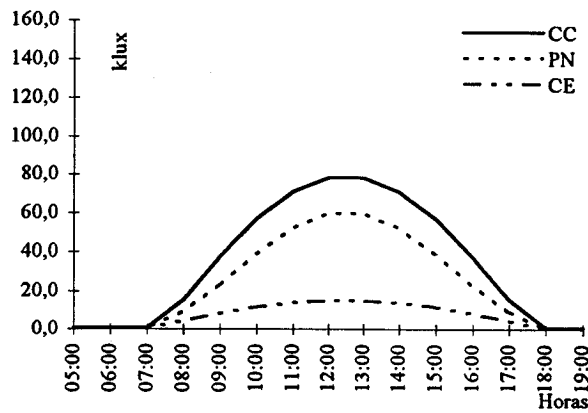
## **DIAS LUMINOSOS TÍPICOS DE INVERNO PARA PORTO ALEGRE, RS**

A título ilustrativo, apresentam-se nas páginas seguintes os Dias Luminosos Típicos de Inverno para Porto Alegre, calculados pelo software DLN, tanto para o plano horizontal, como para os planos verticais Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste. Ressalte-se que o programa permite que se calcule a disponibilidade de luz natural para quaisquer outros planos verticais, com variação até mesmo de grau em grau. Observe-se também que, segundo dados divulgados pelo IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1983/1993), Porto Alegre tem uma predominância de céu parcialmente nublado (PN) ao longo de todo o ano, inclusive no inverno. Portanto, de acordo com aquela fonte, os respectivos valores dos Dias Luminosos Típicos para a capital gaúcha são os que figuram nas colunas e gráficos para céu parcialmente nublado.

## **REFERÊNCIAS**

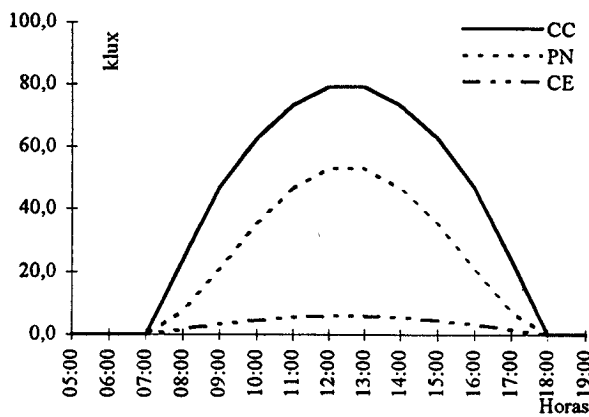
1. IBGE. FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Anuários Estatísticos do Brasil, 1983-1993*. Brasília, IBGE, 1983-1992.
2. IES. ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA. New York. *Recommended Practice for The Calculation of Daylight Availability*, in Journal of IES, july 1984. New York, 1984. 12 p. il.
3. SCARAZZATO, Paulo Sergio. *O Conceito de Dia Típico de Projeto Aplicado à Iluminação Natural*. Comunicação apresentada à Conferência Panamericana de Iluminação. (LUXAMERICA). São Paulo, 1992. 3 p. il.
4. SCARAZZATO, Paulo Sergio. *O Conceito de Dia Típico de Projeto Aplicado à Iluminação Natural. Dados referenciais para localidades brasileiras*. São Paulo, s.n. 1995. 2 v. (Tese de Doutorado). 483 p.il.

**Porto Alegre**  
**Dia Luminoso Típico de Inverno**  
**Illuminâncias (klux) em 12/08**



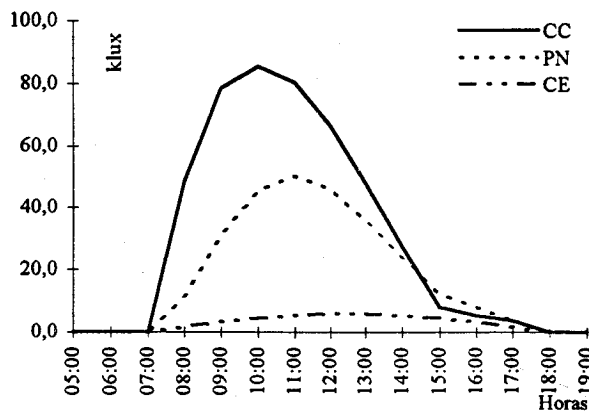
**Plano Horizontal**

Hora	CC	PN	CE
05:00	0,8	0,3	0,3
06:00	0,8	0,3	0,3
07:00	0,8	0,3	0,3
08:00	15,3	9,2	4,3
09:00	37,3	23,0	8,3
10:00	56,8	39,0	11,5
11:00	70,7	52,2	13,8
12:00	78,0	59,4	15,0
13:00	78,0	59,4	15,0
14:00	70,8	52,2	13,8
15:00	56,8	39,1	11,5
16:00	37,4	23,1	8,3
17:00	15,4	9,2	4,3
18:00	0,8	0,3	0,3
19:00	0,8	0,3	0,3



**Plano Vertical Norte**

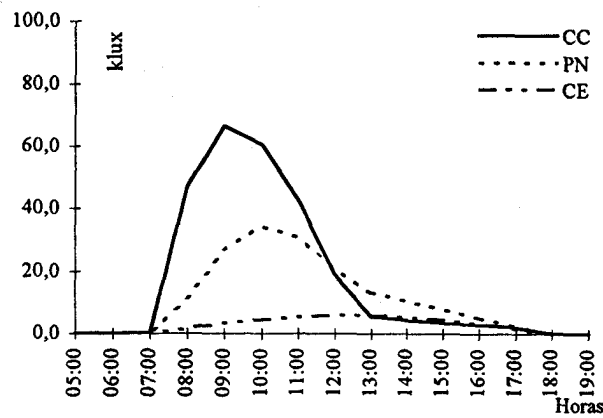
Hora	CC	PN	CE
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	23,9	7,3	1,6
09:00	46,8	20,7	3,2
10:00	62,7	35,2	4,5
11:00	73,5	46,7	5,5
12:00	79,3	53,1	5,9
13:00	79,3	53,1	5,9
14:00	73,6	46,7	5,5
15:00	62,7	35,3	4,5
16:00	46,8	20,7	3,2
17:00	24,0	7,4	1,6
18:00	0,0	0,0	0,0
19:00	0,0	0,0	0,0



**Plano Vertical Nordeste**

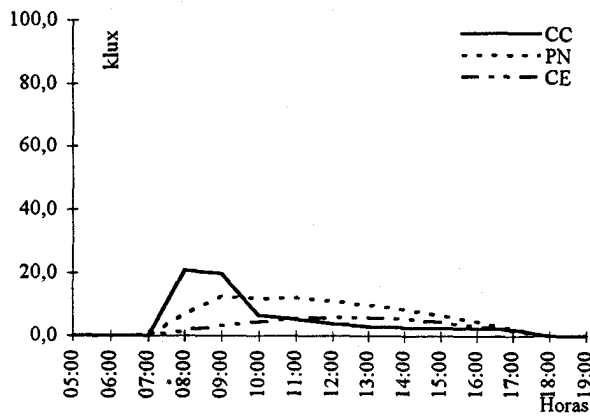
Hora	CC	PN	CE
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	48,5	11,3	1,6
09:00	78,5	30,9	3,2
10:00	85,6	45,6	4,5
11:00	80,3	50,3	5,5
12:00	66,7	46,0	5,9
13:00	48,0	36,0	5,9
14:00	27,5	23,7	5,5
15:00	7,9	12,4	4,5
16:00	5,3	7,9	3,2
17:00	3,7	3,8	1,6
18:00	0,0	0,0	0,0
19:00	0,0	0,0	0,0

**Porto Alegre**  
**Dia Luminoso Típico de inverno**  
**Iluminâncias (klux) em 12/08**



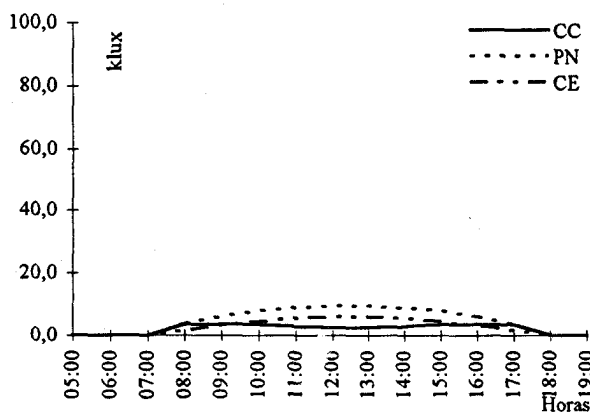
**Plano Vertical Leste**

Hora	CC	PN	CE
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	47,1	11,1	1,6
09:00	66,7	27,0	3,2
10:00	60,8	34,4	4,5
11:00	42,9	31,2	5,5
12:00	19,2	21,0	5,9
13:00	5,7	13,5	5,9
14:00	4,3	10,8	5,5
15:00	3,5	8,0	4,5
16:00	2,8	5,2	3,2
17:00	2,1	2,5	1,6
18:00	0,0	0,0	0,0
19:00	0,0	0,0	0,0



**Plano Vertical Sudeste**

Hora	CC	PN	CE
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	20,7	6,9	1,6
09:00	19,7	12,7	3,2
10:00	6,5	11,8	4,5
11:00	5,2	11,9	5,5
12:00	3,9	11,2	5,9
13:00	3,0	10,1	5,9
14:00	2,6	8,5	5,5
15:00	2,5	6,8	4,5
16:00	2,4	4,7	3,2
17:00	2,0	2,4	1,6
18:00	0,0	0,0	0,0
19:00	0,0	0,0	0,0

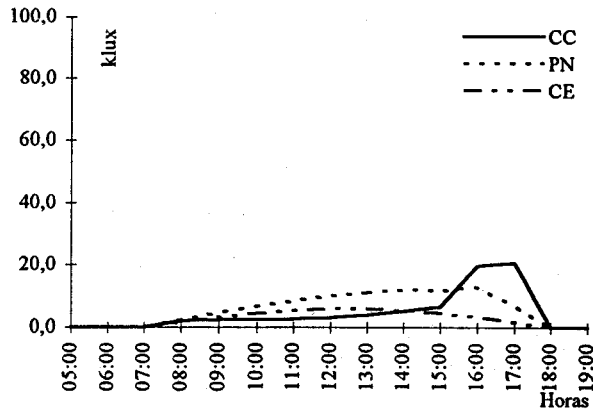


**Plano Vertical Sul**

Hora	CC	PN	CE
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	3,5	3,6	1,6
09:00	3,7	6,2	3,2
10:00	3,4	7,9	4,5
11:00	2,9	8,9	5,5
12:00	2,5	9,4	5,9
13:00	2,5	9,4	5,9
14:00	2,9	8,9	5,5
15:00	3,4	7,9	4,5
16:00	3,7	6,3	3,2
17:00	3,5	3,6	1,6
18:00	0,0	0,0	0,0
19:00	0,0	0,0	0,0

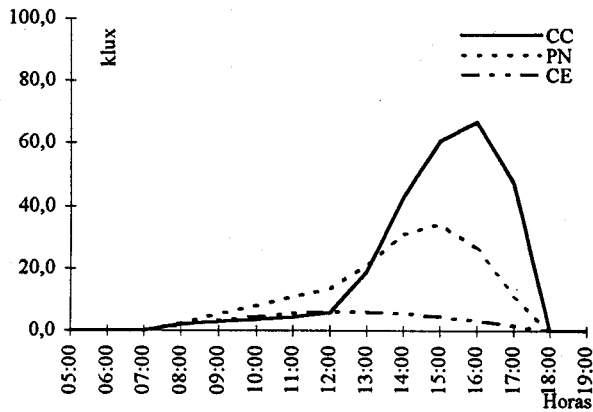
**Porto Alegre**  
**Dia Luminoso Típico de Inverno**  
**Iuminâncias (klux) em 12/08**

**Plano Vertical Sudoeste**



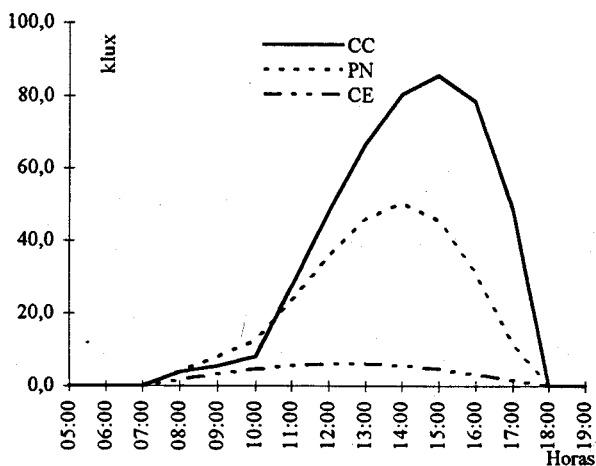
Hora	CC	PN	CE
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	2,0	2,4	1,6
09:00	2,4	4,7	3,2
10:00	2,5	6,7	4,5
11:00	2,6	8,5	5,5
12:00	3,0	10,0	5,9
13:00	3,9	11,2	5,9
14:00	5,2	11,9	5,5
15:00	6,5	11,8	4,5
16:00	19,6	12,7	3,2
17:00	20,7	6,9	1,6
18:00	0,0	0,0	0,0
19:00	0,0	0,0	0,0

**Plano Vertical Oeste**



Hora	CC	PN	CE
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	2,1	2,5	1,6
09:00	2,8	5,2	3,2
10:00	3,5	8,0	4,5
11:00	4,3	10,8	5,5
12:00	5,6	13,5	5,9
13:00	19,1	21,0	5,9
14:00	42,8	31,1	5,5
15:00	60,7	34,4	4,5
16:00	66,7	27,0	3,2
17:00	47,2	11,1	1,6
18:00	0,0	0,0	0,0
19:00	0,0	0,0	0,0

**Plano Vertical Noroeste**



Hora	CC	PN	CE
05:00	0,0	0,0	0,0
06:00	0,0	0,0	0,0
07:00	0,0	0,0	0,0
08:00	3,7	3,8	1,6
09:00	5,3	7,9	3,2
10:00	7,9	12,4	4,5
11:00	27,4	23,6	5,5
12:00	47,9	35,9	5,9
13:00	66,6	46,0	5,9
14:00	80,3	50,3	5,5
15:00	85,6	45,6	4,5
16:00	78,6	31,0	3,2
17:00	48,7	11,4	1,6
18:00	0,0	0,0	0,0
19:00	0,0	0,0	0,0