

Elaboração do arquivo climático de Londrina em formato próprio para uso na ferramenta de simulação térmica para edifícios - CLA (clima, lugar e arquitetura)

Fernanda Viani Picanço¹, Miriam Jeronimo Barbosa^{2*}, Maria Angélica de Oliveira Camargo Brunetto³ e Cláudio Emanuel Pietrobon⁴

¹Departamento de Arquitetura, Universidade Estadual de Londrina, Fone: (043) 371-4535, Fax: (043) 371-4082, C.P. 6001, Londrina-Paraná, Brazil. ²Departamento de Construção Civil, Universidade Estadual de Londrina, Fone: (043) 371-4455, Fax:(043) 371-4082, C.P. 6001, Londrina-Paraná, Brazil. ³Departamento de Computação, Universidade Estadual de Londrina, Fone: (043) 371-4678, Fax: (043) 371-4216, C.P. 6001, 86051-970, Campus Universitário Perobal, Londrina-Paraná, Brazil. ⁴Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil. *Author for correspondence.

RESUMO. Este trabalho compreende a elaboração do arquivo climático para o processamento da ferramenta de simulação térmica das edificações - CLA (clima, lugar e arquitetura), para a cidade de Londrina com intuito de aprimorar o nível de qualidade dos edifícios nesta região, através da prática do desenho bioclimático quando do uso da ferramenta de simulação CLA no processo projetual.

Palavras-chave: arquivo climático, simulação térmica, arquitetura bioclimática.

ABSTRACT. Organization of a climatic file for Londrina to be used as thermal simulation tool for buildings. The present work consists of the organization of a climatic file for the processing of thermal simulation tool for buildings - CPA (climate, place and architecture). The files of the city of Londrina were produced aiming at improving the quality level of the buildings in this region, through the practice of bioclimatic design with the use of the CPA simulation tool in the process.

Key words: climatic file, thermal simulation, bioclimatic architecture.

O programa CLA, desenvolvido na Universidade Politécnica de Catalunha pelo arquiteto Rafael Serra, caracteriza-se como uma ferramenta de auxílio nas primeiras fases do projeto arquitetônico, fornecendo dados energéticos ambientais das edificações. Esses dados são resultados aproximados das decisões do processo projetual, mesmo sem conhecer as características exatas da edificação.

A ferramenta de simulação apresenta arquivos climáticos, cujos valores podem ser totalmente alterados, possibilitando sua aplicação para climas fora da Espanha. As variáveis climáticas que compõem os arquivos são: temperatura de bulbo seco, iluminância média sobre um plano horizontal, radiação média sobre um plano vertical norte, umidade média, velocidade e direção do vento. Estas variáveis são determinadas para o dia médio do mês mais rigoroso de inverno e verão e para um conjunto de dias típicos para as duas estações, que formarão uma sequência típica de uma semana de duração. A Tabela 1 apresenta o arquivo climático da região 7 na

Espanha, com os dados e formato necessários para processamento na ferramenta de simulação CLA.

Tabela 1. Formato do arquivo climático da região 7 da Espanha para processamento na ferramenta CLA

Dados climáticos								
	Inverno				Verão			
	Média	A	B	C	Média	X	Y	Z
Tipo de dia:	Média	A	B	C	Média	X	Y	Z
T	4.75	1.75	4.75	5.25	22.75	26.75	23.75	19.75
ΔT	8.00	10.0	8.00	4.80	10.00	14.0	10.0	4.00
R	130.0	149.5	130	52.01	91.02	109.2	86.47	18.20
E	13000	14300	13000	3250	40000	48000	40000	10000
H	6.00	4.20	6.00	3.47	18.00	10.80	18.0	18.95
V	3.00	2.40	3.00	4.80	3.30	4.95	2.64	2.97
ΔV	N	N	N	N	SO	S	SO	SO

Fonte: Serra (19--)
Sequência tipo: A B C C A B B Y Y X Z Y X Y
OBS: Média – valores médios do período frio ou do período quente; T - temperatura média do mês mais rigoroso (°C); ΔT - variação da temperatura (°C); R - radiação média sobre um plano vertical norte (W/m²); E - iluminância média sobre um plano horizontal (Lux); H - umidade média (g/Kg); v - velocidade do vento (m/s); ΔV - direção predominante do vento (N, NE, E, S, O, NO)
A caracterização dos dias típicos para cada estação é a seguinte: Inverno: A: dia tipo anticiclônico frio limpo; B: dia tipo anticiclônico quente algo nublado; C: dia tipo coberto. Verão: X: dia tipo anticiclônico muito quente; Y: dia tipo anticiclônico com calor moderado; Z: dia tipo coberto.

O presente estudo consta do levantamento e tratamento dos dados para a elaboração do arquivo climático a ser observado na ferramenta de simulação térmica e energética CLA para a cidade de Londrina. Para isto foram considerados os dados climáticos do período de 1986 à 1996. Os dados climáticos do período considerado foram fornecidos pela estação agrometeorológica do Iapar (Instituto Agrônômico do Paraná).

A partir da montagem do arquivo, o projetista poderá processar a ferramenta de simulação e realizar modificações em função das condições climáticas locais, aprimorando o nível de qualidade das edificações na região de Londrina.

O objetivo, portanto, deste trabalho foi elaborar o arquivo climático da cidade de Londrina, conforme demanda a ferramenta de simulação CLA.

Metodologia

A metodologia adotada para alcançar o objetivo traçado constou de revisão bibliográfica sobre dados climáticos para edificação; escolha do método para determinação de dias típicos; determinação de dias típicos; geração de dados de iluminância; geração dos dados de radiação; identificação da seqüência climática; montagem do arquivo climático CLA para Londrina; aplicação do arquivo; resultados e conclusão.

No decorrer do trabalho percebeu-se que as informações meteorológicas registradas pelas estações do país são quase que exclusivamente destinadas às aplicações agrícolas, aeronáuticas ou para previsão do tempo. Tais dados são usados de forma restrita para profissionais da construção civil. Portanto, foi necessário adequá-los para utilização nas simulações. Existem técnicas e métodos reconhecidos para o tratamento de dados climáticos e determinação dos dias típicos, bem como programas auxiliares para a geração de dados de iluminância e radiação solar.

Revisão bibliográfica

Para Sattler (1989), o dia típico significa um conjunto de condições climáticas representativas de um local. É a probabilidade de ocorrência de um conjunto de condições meteorológicas que possibilita verificar o risco de ocorrência de condições de desconforto.

São caracterizados alguns dias típicos de verão e de inverno, cuja ocorrência pode ser esperada a diferentes níveis de probabilidade, através de valores horários de diferentes elementos meteorológicos.

Para a análise de dados em Porto Alegre, Sattler utilizou como parâmetro de referência a temperatura do ar do período de cinco anos de estudo.

Primeiro, obtém-se as temperaturas máximas e mínimas diárias deste período. A seguir, faz-se uma média entre elas. Tais médias diárias são colocadas em ordem crescente. Os extremos são então caracterizados como período quente e frio, abrangendo cada um cerca de 15% do total de dias de estudo.

São tomadas as temperaturas horárias de cada um desses dias e então calculadas a temperatura média diária de todos eles.

Deste conjunto são verificadas as datas limites, a fim de determinar-se a abrangência dos períodos quente e frio. Os dias incluídos no período quente são denominados dias quentes e no período frio, dias frios.

Em seguida, são determinados os níveis de probabilidade de ocorrência (2,5%, 5% e 10%), sendo então determinados o dia cuja temperatura média foi excedida pelo percentual de dias em estudo, que seja o percentual de dias de probabilidade de ocorrência em questão.

A partir de tal dia, seleciona-se 0,5% dos dias cujas temperaturas médias forem imediatamente acima à dele e 0,5% imediatamente abaixo, representando cerca de 1% do total de dias do período de verão.

O dia típico de verão é então definido como sendo o dia teórico cujas características sejam resultado da média das características dos dias do intervalo de 1% analisado.

Para se estimar com precisão os valores de radiação solar, é definida uma data de referência para o dia típico. Esta data é definida pelo cálculo das declinações solares, ou seja, corresponde ao dia cuja declinação solar mais se aproxime da média das declinações solares dos dias considerados na definição dos dias típicos.

O dia típico de inverno é calculado de maneira semelhante.

Para Akutsu (1987), o dia típico significa um conjunto de valores horários (ao longo de um dia), definidos para as principais variáveis climáticas que interferem nas edificações: temperatura, umidade relativa, radiação solar, direção e velocidade dos ventos. A frequência de ocorrência de dias típicos de projeto são expressos por níveis normatizados de probabilidade.

Primeiro, são selecionados os períodos de registros dos dados a serem tratados, no posto meteorológico escolhido.

A partir do período disponível de dados, são definidos os meses mais quentes e mais frios.

Para determinação do período mais quente, é calculado o valor médio mensal das temperaturas máximas diárias, sendo definido como mês quente

aquele que tiver maior média. O período de verão é definido por esse mês, mais os meses que apresentarem para a mesma grandeza valores com diferença de até $x^{\circ}\text{C}$ em relação ao mês mais quente, sendo $x^{\circ}\text{C}$ 10% da diferença entre a média das temperaturas máximas e mínimas diárias do mês mais quente.

$$x = 0,1 \cdot (T_{\text{máx.}} - T_{\text{mín.}})$$

Determina-se então os valores máximos diários da temperatura de bulbo seco para o período definido como sendo de verão, sendo ordenados em seguida.

A partir do nível de probabilidade de ocorrência desejado (1%; 2,5%; 5%; ou 10%), é determinado o valor de temperatura máxima que é superada apenas pela porcentagem de dias igual à do nível escolhido.

Verifica-se então um dia real cuja temperatura máxima esteja num intervalo de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ da temperatura do dia de referência e que faça parte de uma seqüência de dias cujos valores de temperatura máxima estejam compreendidos entre $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Para este dia, são listados valores horários de temperatura de bulbo seco, umidade relativa e radiação solar.

O dia típico de verão é definido como sendo um dia real dessa seqüência que represente o comportamento médio dessas variáveis analisadas.

O dia típico de inverno é definido de maneira análoga.

Ao apresentar um estudo paralelo entre as duas metodologias, para determinação de dias típicos, Goulart (1993) propõe que para locais onde os valores de amplitude estão próximos da amplitude do período em questão (o mês mais rigoroso de inverno e verão), deve-se aplicar o método proposto por Sattler. Caso contrário, utiliza-se o do IPT.

A partir desta recomendação, justifica-se a escolha pelo método proposto por Akutsu (1987) para definição do mês mais rigoroso de inverno e verão para cada região, bem como para definição dos dias típicos que formarão a seqüência climática, na elaboração do arquivo climático de Londrina, no formato CLA.

Desenvolvimento

Determinação de dias típicos para formulação do arquivo climático CLA. O processo de cálculo iniciou-se a partir da determinação do período de verão e inverno, de acordo com a metodologia escolhida. Através dos boletins mensais fornecidos pela Estação Agrometeorológica do Iapar- Londrina, obteve-se os dados de Londrina do período de 1986 à 1996.

Para Londrina, o período quente é composto pelos seguintes meses: janeiro (rigoroso verão),

março e dezembro; o período frio por: maio, junho e julho (rigoroso inverno).

Foram destacados todos os dias que compõem cada período com suas respectivas temperaturas máximas e mínimas. Na seqüência, calculou-se a freqüência acumulada dos valores de temperatura, ou seja, a probabilidade de ocorrência de 0 à 100%. Escolheu-se somente o nível 10% para a análise dos possíveis dias, pois a curva de freqüência acumulada não demonstrou os três tipos de dias, conforme o arquivo, para os demais níveis de probabilidade 1%, 2,5% e 5%.

O gráfico resultante identificou a 10% de ocorrência, dias cujas temperaturas máximas excediam a temperatura de referência do nível escolhido, e dias cujas temperaturas mínimas que não a excediam. Para Londrina (Figura 1), 10% dos dias do período de 1986 à 1996 apresentam temperaturas superiores à $33,8^{\circ}\text{C}$ e inferiores à $7,5^{\circ}\text{C}$ para inverno e verão, respectivamente.

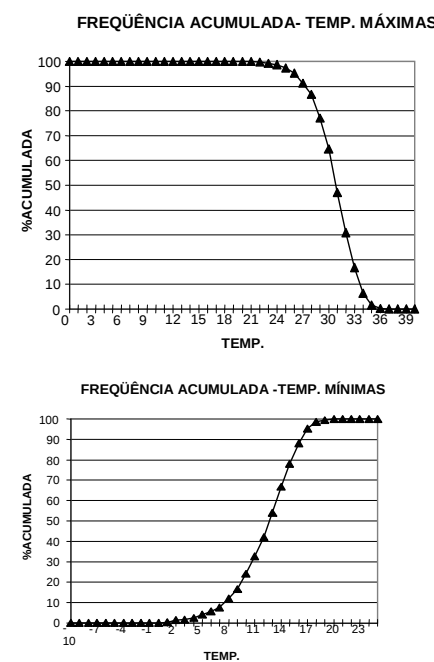


Figura 1. Gráficos de freqüência acumulada de temperaturas máximas e mínimas dos meses que compõem o período quente e frio, para a cidade de Londrina, referente ao período histórico de 1986 à 1996

A metodologia escolhida propõe que após a listagem dos possíveis dias típicos seja feita uma pré-seleção antes de se analisar o conjunto de dias anteriores e posteriores. Porém, a condição de variação em torno de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ da pré-seleção não se enquadrou para os meses rigorosos de inverno de Londrina. A dificuldade estava em mudar em parte o procedimento metodológico, uma vez que não está normatizado ainda, sem prejudicar o trabalho até o momento. Optou-se por aumentar a condição de variação para $\pm 1^{\circ}\text{C}$ após vários testes com os respectivos meses.

Com o auxílio de planilha eletrônica, foram listados os dias pertencentes ao nível 10% para as duas estações. A partir dos dias identificados, foram analisados um conjunto de três dias anteriores e posteriores a estes, cujas temperaturas máximas (para verão) e mínimas (para inverno) variem até ± 1°C. Aquele que apresentou o maior número de dias com temperaturas nesta condição para cada classificação (claro, nublado, encoberto) foi determinado como dia típico.

Para cada dia típico de inverno e verão, foram calculados os valores das variáveis que compõem o arquivo climático. Pelo fato da metodologia escolhida trabalhar com um dia real, foram tomados os valores médios desse dia para todas as variáveis que compõem o arquivo, com exceção do vento cujo valor é o predominante. Os dados reais correspondentes aos dias típicos tomados às 9, 15 e 21 horas, para Londrina, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Dias típicos para Londrina referentes ao período de 1986 à 1996

Dias típicos de inverno							
Dia:	21/06/93						
	temperatura (°C)	radiação (cal/cm2)	umidade (%)	Vent vel (m/s)	vent dir	vento predominante	nebulosidade
9:00	10,40	-	-	1,0	S	-	0
15:00	20,90	-	-	2,0	NE	-	0
21:00	13,00	-	-	1,0	NE	-	0
média diária	12,50	-	76,0	1,94	-	-	-
total diário	-	378,0	-	-	-	NE	-
Dia:	12/07/89						
	temperatura (°C)	radiação (cal/cm2)	umidade (%)	vent vel (m/s)	vent dir	vento predominante	nebulosidade
9:00	11,00	-	-	1,0	S	-	4
15:00	20,60	-	-	4,0	NE	-	3
21:00	15,00	-	-	1,0	NE	-	9
média diária	13,70	-	67,1	2,52	-	-	-
total diário	-	311,0	-	-	-	E	-
Dia:	11/07/89						
	temperatura (°C)	radiação (cal/cm2)	umidade (%)	vent vel (m/s)	vent dir	vento predominante	nebulosidade
9:00	11,00	-	-	1,0	SE	-	9
15:00	18,60	-	-	4,0	E	-	8
21:00	12,60	-	-	3,0	SE	-	8
média diária	12,50	-	70,6	2,65	-	-	-
total diário	-	316,0	-	-	-	E	-
Dias típicos de verão							
Dia:	05/12/91						
	temperatura (°C)	radiação (cal/cm2)	umidade (%)	vent vel (m/s)	vent dir	vento predominante	nebulosidade
9:00	25,20	-	-	2,0	E	-	4
15:00	33,50	-	-	3,0	NW	-	7
21:00	29,00	-	-	2,0	NW	-	2
média diária	27,00	-	40,7	1,93	-	-	-
total diário	-	565,0	-	-	-	E	-
Dia:	17/12/88						
	temperatura (°C)	radiação (cal/cm2)	umidade (%)	vent vel (m/s)	vent dir	vento predominante	nebulosidade
9:00	25,40	-	-	5,0	NE	-	5
15:00	33,50	-	-	4,0	N	-	7
21:00	29,00	-	-	2,0	N	-	2
média diária	27,40	-	46,9	2,69	-	-	-
total diário	-	632,0	-	-	-	NE	-
Dia:	19/12/88						
	temperatura (°C)	radiação (cal/cm2)	umidade (%)	vent vel (m/s)	vent dir	vento predominante	nebulosidade
9:00	27,20	-	-	2,0	N	-	8
15:00	32,30	-	-	4,0	N	-	8
21:00	25,90	-	-	2,0	S	-	10
média diária	26,70	-	62,6	3,14	-	-	-
total diário	-	457,0	-	-	-	N	-

OBS: Na Tabela 2, estão relacionados os dias típicos de Londrina através das seguintes variáveis: 1. Temperatura de bulbo seco (° C): tomada em três horários às 9,15 e 21 horas; 2. Radiação solar (cal/cm2): valor total diário; 3. Umidade relativa (%): valor médio do dia; 4. Nebulosidade (partes do céu dividido em 10 partes): tomada em três horários às 9,15 e 21 horas; 5. Velocidade do vento (m/s): tomada em três horários às 9,15 e 21 horas; 6. Direção dos ventos: tomada em três horários às 9,15 e 21 horas; 7. Direção do vento predominante: valor predominante do dia.
Fórmulas utilizadas para cálculo das médias compensadas: (Fonte: Iapar)
média temp = [Tmáx + Tmín + T 9:00 + (2 x T 21:00)]/5; média umidade = [H 9:00 + H 15:00 + (2 x H 21:00)]/4; média vent vel = (Total km acumulados)/86,40

Geração dos dados de iluminância. Os dados de iluminância foram gerados pelo ISE - Programa computacional de estimativa da irradiância em superfícies exteriores, para condições de abóbada: celeste clara, parcialmente nublada e encoberta.

Este programa, desenvolvido por Luis Antônio Sthal na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Vieira, 1996), caracteriza-se como um cálculo matemático em função da latitude. Portanto, não gera a iluminância a partir das características de um determinado local. O cálculo através da geometria solar é representativo.

Os dados necessários para o funcionamento do programa ISE são: mês, dia, cidade, latitude (valor decimal), altitude, média mensal diária de insolação, índice de turvamento (atmosfera do local), azimute, inclinação da superfície, albedo e refletância do entorno.

Após a inserção de dados, passa-se para a visualização destes. O programa permite calcular, para as três condições de abóbadas citadas anteriormente, valores de iluminância em dois planos: horizontal e inclinado, e em três formas: direta, difusa e global. O arquivo do CLA exige apenas os valores globais de iluminância no plano horizontal. A unidade expressa é em Lux.

Para selecionar a abóbada a ser analisada para o mês mais rigoroso de inverno e verão, foram observados os dados de nebulosidade com o seguinte procedimento: através da média de cada dia, calcula-se a média mensal. A partir desta, calcula-se a média para o período de 11 anos. Para Londrina, a nebulosidade do mês mais rigoroso de verão (janeiro) corresponde a 73,6%, sendo a média mensal de horas de insolação de 8,47 hrs, e do mês mais rigoroso de inverno (julho) corresponde a 42,3% com 9,66 hrs.

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial, se o valor de nebulosidade encontrado for menor que 30%, deve-se considerar a abóbada clara; maior que 80%, deve-se considerar encoberta; para valores neste intervalo, considera-se abóbada parcialmente nublada.

A Tabela 3 apresenta os dados de iluminância no plano horizontal relativos a um dia, fornecidos pelo programa ISE, para a cidade de Londrina.

Para se obter o valor da iluminância no plano horizontal em lux para o dia mencionado, quando da entrada de dados, deve-se calcular a média: multiplica-se por 2 os valores de iluminância para às 6-18, 7-17, 8-16, 9-15, 10-14, 11-13 horas; adiciona-se o valor da 12 horas e divide-se por 13 horas (somatório de horas de iluminância).

O valor encontrado corresponde à iluminância de um dia, sendo necessário todo o processo até então mencionado para todos os dias dos mês

considerado. Após a obtenção das médias diárias, calcula-se a média do mês em questão, resultando finalmente o valor desejado para compor o arquivo climático.

Tabela 3. Dados de iluminância no plano horizontal relativos a um dia, fornecidos pelo programa ISE para a cidade de Londrina, mês de julho

Dados de entrada	Resultado de iluminância no plano horizontal em lux	
Data: 1/7		
Dia do ano: 182		
Latitude: -23.38	Horário	Iluminância Global
Altitude: 585.00	6-18	0
Média de horas de ins. diária no mês: 9.66	7-17	2608,88
Parâmetro anual da eq. de Angstron (a+b): 0.0000	8-16	19851,5
Índice de Turvamento Atm. (ATI): 0.7600	9-15	38502,6
Azimute da superfície: 0.00	10-14	53687,5
Inclinação da superfície: 0.00	11-13	63520,0
Albedo do entorno: 0.00	12:00	66911,4
Refletância do entorno: 0.00	Média diária	32.557,8
Abóboda parcialmente nublada		

Geração dos dados de radiação. Os dados de radiação necessários ao arquivo climático CLA são dados de radiação sobre o plano vertical norte.

Para se calcular a radiação global sobre o plano vertical norte, foi utilizado o programa LIU, uma vez que os dados fornecidos pela estação meteorológica são sobre um plano horizontal. O programa LIU apresentado na publicação “ NBS Building Science Series n.º 96” (Akutsu, 1987), demanda dados diários de radiação global para poder gerar a radiação direta e difusa em 8 planos verticais (N, S, L, O, NO, SO, NE, SE) e no plano horizontal. Para obter-se dados de radiação global no plano vertical norte foram fornecidos apenas os dados correspondentes aos meses rigorosos de inverno e verão, e os dias típicos, conforme o arquivo climático CLA.

Tipos de dados fornecidos

1. Através do boletim mensal, fornecido pelo Iapar, extraiu-se os valores mensais acumulativos de radiação dos meses rigorosos de inverno e verão para o período de 1986 à 1996. Para Londrina: julho/janeiro.
2. Para extrair a média mensal, tomou-se o valor acumulado e dividiu-se pelo n.º de dias correspondente de cada mês.
3. Em seguida, determinou-se a média referente ao período em questão adicionando-se os valores dos meses rigorosos de cada ano e dividindo por 11 anos.
4. Para os dias típicos, foram tomados os valores de radiação correspondentes de cada dia.
5. Após a obtenção dos valores necessários em cal/cm2, estes foram convertidos para Wh/m2 conforme demanda o programa LIU, sendo que (1) cal/cm2 equivale a 11.63 Wh/m2.

- 6. Estes dados foram inseridos juntamente com a latitude local no programa LIU, que por sua vez encontra-se instalado na Universidade Estadual de Maringá.
- 7. Os dados gerados pelo programa LIU foram empregados na elaboração do arquivo climático da ferramenta CLA.

Seqüência climática. Através do próprio manual Clima, Lugar e Arquitetura (Serra, 1992), buscou-se o procedimento para determinar a seqüência climática conforme o arquivo do programa. A seqüência tem como base a primeira quinzena dos meses rigorosos de inverno e verão e não dos dias típicos já identificados. Estes, por sua vez, são somente os tipos de dia A (frio limpo), B (quente nublado), C (coberto), X (quente), Y (moderado), Z (coberto), sendo importante verificar a seqüência de ocorrência destes para que se possa estudar o comportamento do edifício em ciclos. O procedimento adotado para determinação da seqüência climática para Londrina foi o seguinte:

1. Montagem gráfica dos valores de temperatura máxima, mínima e média da primeira quinzena do mês mais rigoroso de inverno e verão, bem como dos valores de umidade média diária , quantidade de chuva e a classificação do tipo de cada dia. Para isto, foram usados os dados do boletim mensal fornecido pelo Iapar.
2. Após a montagem gráfica do mês rigoroso de inverno e verão para cada ano do período de 1986 à 1996, observou-se a ocorrência dos tipos de dias e sua repetitividade sequenciada para o período dos 11 anos.
3. A observação de ocorrência corresponde à quantidade que os tipos de dias apareceram, sendo determinada por um cálculo de porcentagem. A repetitividade tem como base a seqüência em que estes apareceram, para os meses de inverno e verão de cada ano.
4. A seqüência de repetição mais freqüente durante o período considerado foi empregada no arquivo climático CLA.

A Tabela 4 apresenta a porcentagem e repetitividade de ocorrência de tipos de dias para Londrina.

Tabela 4. Porcentagem e Repetitividade de tipos de dias em Londrina

Cidade	Meses rigorosos	Ocorrência (%)			Repetitividade Seqüência climática
		CLA (A-X)	NUB (B-Y)	ENC (C-Z)	
Londrina	Inverno	28,0	49,3	22,7	B C B B B A A
	Verão	3,2	46,8	50,0	Y Z Z Y Y Z X

Montagem do arquivo climático CLA para Londrina. A Tabela 5 apresenta finalmente o arquivo para Londrina no formato exigido para processamento na ferramenta CLA. Para visualização comparativa, na Tabela 6 apresenta-se o arquivo para a cidade de Porto Alegre no formato CLA, elaborado por Giralt (1992).

Aplicação do arquivo climático montado, através de simulação. Com o objetivo de testar o arquivo elaborado para Londrina, realizou-se a simulação para o Laboratório de Maquetes da UEL (Universidade Estadual de Londrina), verificando-se o desempenho térmico e lumínico desta edificação para o arquivo elaborado. Resolveu-se proceder a simulação do mesmo projeto para o arquivo da região 7 da Espanha e para o arquivo de Porto Alegre elaborado por Giralt (1992), com o intuito de se verificar a compatibilidade dos arquivos climáticos e a região em estudo.

Tabela 5. Arquivo climático de Londrina para processamento na ferramenta CLA

LONDRINA								
Tipo de dia:	Dados climáticos							
	Inverno				Verão			
	Média	A	B	C	Média	X	Y	Z
T	16.39	12.5	13.7	12.5	24.00	27.0	27.4	26.7
ΔT	12.12	16.1	14.0	11.8	10.70	16.6	14.5	13.8
R	147.4	200	159.4	143.2	70.8	71.6	72.0	67.8
E	32558	27185	32558	32558	41195	46315	46315	46315
H	8.50	7.40	7.00	6.80	15.80	10.5	12.3	16.0
V	2.30	1.94	2.52	2.65	2.30	1.93	2.69	3.14
ΔV	E	SE	E	E	SE	E	SE	S
Seqüência tipo: B C B B B A A Y Z Z Y Y Z X								
A= 21/06/93; B= 12/07/89; C= 11/07/89; X= 05/12/91; Y= 17/12/88; Z= 19/12/88								

Tabela 6. Arquivo climático de Porto Alegre para processamento na ferramenta CLA

PORTO ALEGRE								
Tipo de dia:	Dados climáticos							
	Inverno				Verão			
	Média	A	B	C	Média	X	Y	Z
T	11.20	8.90	11.2	15.2	25.0	27.9	26.0	24.4
ΔT	6.00	7.20	6.10	4.70	8.4	10.6	8.4	7.4
R	131.7	151.3	131.7	52.7	107.6	129.2	102.2	21.53
E	13000	14300	13000	3250	40000	48000	40000	10000
H	6.24	5.17	6.24	11.1	16.80	16.80	16.80	16.80
V	2.80	3.10	2.00	3.10	2.30	2.30	2.50	2.20
ΔV	O	O	O	O	E	E	E	E
Fonte: Giralt (1992)								
Seqüência tipo: B B C C A A B Y Y Y X Z Y Y								
OBS: os dias típicos foram determinados pela metodologia Sattler (dia teórico)								

Resultados e conclusão

O resultado da simulação do Laboratório de Maquetes com o arquivo climático de Londrina, mostrado na Figura 2, traz as temp. máx. internas de inverno (Ti) = 27,5°C, e de verão (Tv) = 36,5°C. As curvas Ti e Tv, que correspondem à simulação

do arquivo para 7 dias, estão fora de suas respectivas zonas de conforto. Este resultado era esperado porque a edificação realmente tem sido alvo de reclamações por parte de seus usuários no verão. Quanto ao resultado lumínico tem-se: iluminância interna de inverno (E_i) = 694 lux e de verão (E_v) = 2364 lux. Estes valores referem-se à luminosidade próxima à janela, sendo possível observar o decréscimo desta para o interior da edificação, cujos valores são aceitáveis ao tipo de uso (mínimo 500 Lux).

LONDRINA:

arquivo cujas características sejam específicas do local, para se obter resultados pertinentes. As simulações demonstraram que não há possibilidade de tomar como referência dados de outras regiões, mesmo que suas latitudes tenham valores próximos, ou simplesmente adotar os dados provenientes dos arquivos da ferramenta de simulação CLA, uma vez que o programa permite alterar todas as variáveis climáticas.

PORTO ALEGRE:

Figura 2. Resultado das simulações do projeto do Laboratório de Maquetes da UEL com o arquivo climático elaborado de Londrina

Quanto aos resultados do arquivo de Porto Alegre, na Figura 3, tem-se: T_i máx. = 19,9°C e T_v máx. = 25,8°C, sendo que as curvas estão fora da zona de conforto. Para o inverno, necessita-se de 2 Kwh/ano de consumo de calefação. Os valores lumínicos são: E_i = 460 lux (abaixo do recomendado), enquanto E_v = 1548 lux.

Os resultados do arquivo relativo à região 7 da Espanha, na Figura 4, são: T_i máx = 17,7°C / T_v máx. = 23,3°C/ E_i = 491 lux/ E_v = 1437 lux/ 3 Kwh/ano de consumo de calefação. Portanto, as representações térmicas e lumínicas destes arquivos não correspondem, ou até mesmo assemelham-se, às representações do arquivo de Londrina.

Ao analisar-se os resultados térmicos e lumínicos emitidos nas simulações de cada arquivo climático, conclui-se que deve haver coerência entre dados climáticos e a região onde será implantado o projeto. É de fundamental importância a montagem de um

Figura 3. Resultado das simulações do projeto do Laboratório de Maquetes da UEL com o arquivo climático de Porto Alegre

ESPANHA (região 7):

Figura 4. Resultado das simulações do projeto do Laboratório de Maquetes da UEL com o arquivo climático da região 7 da Espanha

Para organizar os dados climáticos locais adotou-se a metodologia proposta pelo IPT. Todo o processo mencionado na elaboração das variáveis permite a montagem do arquivo de qualquer região, possibilitando a utilização da ferramenta CLA com maior frequência e assim aprimorando a qualidade projetual e construtiva das edificações.

Referências bibliográficas

Akutsu, M.; Sato, N.M.N.; Pedroso, N.G. *Desempenho térmico de edificações habitacionais e escolares*: manual de procedimentos para avaliação. São Paulo: IPT, 1987.

Giralt, R.P. *Utilização do programa de desenho bioclimático para Porto Alegre*. Porto Alegre, 1992. (Master’s Thesis in Architecture) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Goulart, S.V.G. *Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações em Florianópolis*. Florianópolis, 1993. (Master’s Thesis in Engincering) - Universidade Federal de Santa Catarina.

Sattler, M.A. *Dias climáticos típicos para o projeto térmico de edificações em Porto Alegre*. Porto Alegre: CIENTEC, 1989.

Serra, R. *Clima, lugar e arquitetura*: anexo litoral mediterrâneo norte 7. Catalunha: Universidade Politécnica de Catalunha, [19_ _].

Vieira, M.D. *Conforto termo luminoso como parâmetro de projeto arquitetônico na região subtropical úmida*: o caso de Londrina - Pr. Porto Alegre, 1996. (Master’s Thesis in Architecture) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Received on September 15, 1998.
Accepted on November 28, 1998.