

DIFERENÇAS ENTRE OS CONSUMOS SIMULADOS COM ARQUIVOS CLIMÁTICOS MEDIDOS EM ESTAÇÕES DISTINTAS: COMPILAÇÃO DE ARQUIVOS CLIMÁTICOS E RESULTADOS

Joyce Carlo (1), Roberto Lamberts (2)

LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
Engenharia Civil - Centro Tecnológico
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil
1 joyce@labeee.ufsc.br; 2 lamberts@labeee.ufsc.br;

ABSTRACT

The urban landscape of a city modifies the microclimate surrounding a building and affects its thermal performance and its energy consumption. One of the variables that affects an energy consumption simulation is the weather file. It presents differences when it is measured by different weather stations of the same city according to the weather station location on the urban landscape. The choice of a weather station in a city can reflect on consumption differences in the simulated buildings. The DOE 2.1-E program was used to simulate the energy consumption of two prototype buildings, one more sensitive to external changes and the other less sensitive to external changes in three Brazilian cities: Rio de Janeiro, Manaus and Florianópolis. Among 90 weather files, 18 were selected to be compiled to DOE 2.1-E format. The criteria to select the years for the simulation was the availability of weather data on 8760 hours of the year. Blank cells were interpolated and some data adjustments, such as the estimation of solar radiation using cloud cover, were performed. The energy consumption differences between sites were 6% when temperate differences between weather files were about 49%.

RESUMO

A paisagem urbana, por não ser uniforme, provoca diferenças no microclima que tendem a afetar o desempenho térmico de uma edificação e, por conseguinte, o seu consumo de energia elétrica. Uma das variáveis que interferem na simulação do consumo de energia elétrica é o arquivo climático. Este pode apresentar diferenças quando medido em diferentes estações, mesmo localizadas em uma mesma cidade. Foi utilizado o programa DOE 2.1-E para simular o consumo de energia de dois protótipos de edificações, um mais sensível às variações do ambiente externo e outro menos sensível, em três cidades brasileiras: Rio de Janeiro, Manaus e Florianópolis. De um total de 90 arquivos climáticos, foram selecionados 18 arquivos climáticos para compilação no DOE 2.1-E cujo critério foi a disponibilidade de dados climáticos registrados nas 8760 horas do ano. Estes dados foram tratados, interpolando lacunas em branco e convertendo fatores climáticos, como nebulosidade em radiação solar. As diferenças de consumo entre sítios chegaram a 6%, quando diferenças médias de temperatura entre os arquivos climáticos chegaram a 49%.

1. INTRODUÇÃO

Dentre as variáveis intervenientes no consumo de energia de uma edificação, podemos citar as variáveis arquitetônicas - forma, materiais, orientação -, o sistema de climatização artificial, a geração interna de calor e as condicionantes climáticas. Uma técnica eficiente disponível para engenheiros e arquitetos para estimar o consumo de energia de uma edificação é a simulação termo-energética, por fornecer subsídios rápidos e econômicos para previsão do consumo de energia e das condições de conforto através da estimativa de cargas de aquecimento e resfriamento, temperaturas internas, cargas elétricas de iluminação e equipamentos, interações complexas entre o ambiente externo, as características do edifício e seus padrões de uso e ocupação.

A diferença entre os mesoclimas, ou topoclimas [CARLO, 2002], de diferentes sítios, mesmo localizados em uma mesma cidade, é resultante das condições geomorfológicas, como topografia e hidrologia; da ocupação urbana, como densidade e altura de edifícios; da cobertura vegetal e do uso da cidade, por ações antropogênicas. As diferenças na paisagem dos sítios podem se refletir nos dados

climáticos que irão intervir, juntamente com as demais variáveis de uma simulação termo-energética, no desempenho de uma edificação e, por conseguinte, no consumo de energia do sistema do ar condicionado. Assim, a simulação do desempenho térmico de uma edificação está vinculada à qualidade dos dados de entrada disponíveis, dentre estes, os dados climáticos.

Mendes et al. [2001] atentou para a escassez de arquivos climáticos de qualidade no Brasil, que estão geralmente relacionadas às condições dos equipamentos de medição ou falhas humanas, como falta de manutenção dos equipamentos ou periodicidade no registro de dados. Este trabalho apresenta as diferenças entre os consumos de energia de protótipos de edificações simulados com arquivos climáticos medidos em diferentes estações que estão submetidas a um mesmo clima. Para tanto, apresenta também o processo de tratamento de dados horários dos arquivos climáticos, mostrando sua precariedade e as soluções adotadas para completar as 8760 horas do ano a fim de simular o consumo de energia em um ano climático completo no programa DOE 2.1-E.

2. OBJETIVO

Avaliar as diferenças de consumo de energia de edificações simuladas em sítios distintos de uma mesma cidade e com arquivos climáticos de diferentes anos.

3. METODOLOGIA

3.1. Arquivos Climáticos

Três cidades foram selecionadas na base de dados do *National Climatic Data Center*, EUA, que continha 26 cidades brasileiras: Rio de Janeiro, Manaus e Florianópolis.

No Rio de Janeiro, estavam disponíveis os arquivos climáticos do Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim e do Aeroporto Santos Dumont; em Manaus, foram utilizados os arquivos cujos dados foram medidos no Aeroporto Internacional Eduardo Gomes e no Aeroporto de Ponta Pelada, também conhecido como Aeroporto Ajuricaba e em Florianópolis, os dados disponíveis do *National Climatic Data Center* foram medidos na estação do Aeroporto Internacional Hercílio Luz, e também foram utilizados arquivos climáticos medidos na estação do LABSOLAR, Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina.

A base de dados do *National Climatic Data Center* disponibilizou arquivos climáticos de 1982 a 1997, contendo dados horários de 27 variáveis climáticas. Destas, foram selecionadas para compilação do arquivo climático a direção do vento, velocidade do vento, TBS, T_d , pressão e nebulosidade.

Os arquivos da estação do LABSOLAR, UFSC, foram cedidos contendo os anos de 1990 a 1998 com dados horários de temperatura de bulbo seco, umidade relativa, pressão, radiação solar global, radiação solar direta e radiação solar difusa. Estes dados foram medidos de dois em dois minutos e calculada a média na hora. Os dados do LABSOLAR foram cedidos após ajuste segundo ABREU [2000].

Havia, no total, 90 arquivos climáticos a serem avaliados para tratamento e compilação. O tratamento dos dados consistiu na seleção dos anos para simulação baseada na disponibilidade dos dados climáticos, identificação dos dados ausentes – quantidade, tipo de fator climático e número de horas consecutivas em branco –, preenchimento das lacunas ausentes segundo o fator climático – temperatura, vento, pressão, nebulosidade –, conversão ou estimativa dos fatores climáticos necessários à compilação dos arquivos compatíveis com o DOE 2.1-E, conferência final dos dados e compilação dos arquivos para o formato do DOE 2.1-E. A seguir, são descritos os procedimentos mais relevantes adotados nas diversas etapas do tratamento dos dados climáticos.

3.1.1. Análise e Seleção

Todos os arquivos climáticos apresentavam lacunas em branco devido a falhas humanas ou nos equipamentos, o que invalidou grande parte dos anos. A seleção dos anos a serem simulados baseou-se na disponibilidade de dados climáticos presentes nos arquivos. Esta etapa acusou a deficiência na qualidade dos dados climáticos horários disponíveis no Brasil.

No Rio de Janeiro, havia uma média de 98% das linhas dos arquivos climáticos medidos no Aeroporto A. C. Jobim que continham algum dado registrado, enquanto os arquivos climáticos medidos no aeroporto Santos Dumont apresentavam uma média de 57% das horas do ano com pelo menos um

dado preenchido. Da série de 16 anos, os arquivos dos anos de 1982 a 1989 apresentavam 25% das horas com dados e de 1989 a 1997, 90%.

Em Manaus, os arquivos climáticos das estações de Eduardo Gomes e de Ponta Pelada apresentavam uma média de 98% e 93% de linhas com registros, respectivamente. Todos os anos seriam válidos, a princípio.

Em Florianópolis, os arquivos climáticos de Hercílio Luz dos anos de 1982 a 1989 apresentavam, em média, 25% das horas do ano com dados registrados, e de 1990 a 1997, apresentavam uma média de 93% das 8760 linhas de um arquivo completo. A média de linhas existentes nos arquivos do LABSOLAR, de 1990 a 1997, era de cerca de 87%. O arquivo climático do ano de 1998 apresentava dados somente até o mês de março, sendo então descartado. Os anos de 1990 a 1997 foram considerados válidos para Florianópolis.

Esta análise inicial indicou que, da base do *National Climatic Data Center*, nos anos de 1990 a 1997 no Rio de Janeiro, de 1982 a 1997 em Manaus e de 1990 a 1997 no aeroporto Hercílio Luz em Florianópolis, um número satisfatório de medições foram realizados, para o objetivo deste estudo, e registrados nos arquivos climáticos.

A compilação dos arquivos climáticos para o formato do DOE 2.1-E exige dados de nebulosidade. A inexistência destes dados, de caráter aleatório (ao contrário da temperatura), e de significativa relevância no consumo de energia, poderia inviabilizar a compilação do arquivo, razão pela qual foi considerado eliminatório para a seleção dos arquivos climáticos válidos para a simulação.

A Tabela 1 discrimina a porcentagem de horas com registros de nebulosidade medidas nos aeroportos e estações climáticas. A média de dados de nebulosidade registrados entre 1982 e 1989 no Aeroporto de Santos Dumont foi baixa, cerca de 23%. No entanto, entre os anos de 1990 e 1992 não houve registro algum de nebulosidade e entre 1993 e 1997 a porcentagem foi insignificante, de 3%. Em pior situação encontraram-se as medições no aeroporto A. C. Jobim, em que não houve registro de nebulosidade em nenhum período.

Uma análise visual da nebulosidade mostrou, entretanto, que os dados registrados em Santos Dumont eram bem distribuídos ao longo do ano, geralmente com lacunas de duas horas consecutivas. Seria possível então estimar a nebulosidade em um intervalo de duas horas, interpolando as horas cujos dados são inexistentes. Desta forma, seria possível compilar os arquivos climáticos de Santos Dumont de 1982 a 1989. Para suprir a ausência de dados de nebulosidade em A. C. Jobim, foram observadas as condições topográficas, a localização e a distância entre os aeroportos: localizam-se sobre a Baía da Guanabara, sem barreiras topográficas ou de edifícios, aproximadamente a 20 km de distância. Assim, como feito por HASSID et al [2000] em Atenas, foi possível assumir as mesmas condições de radiação solar para os dois aeroportos, ou seja, a nebulosidade registrada em Santos Dumont foi adotada para A. C. Jobim. Sendo assim foram selecionados os três anos mais recentes dos dados considerados válidos para compilação e posterior simulação. Ainda assim, sabe-se que a interpolação é utilizada quando não há mais nenhuma solução para obtenção de dados.

Em Manaus, a porcentagem de horas com dados nos arquivos climáticos foi alta, com 98% das horas medidas no aeroporto Eduardo Gomes e 93% das horas medidas em Ponta Pelada. Entretanto, como no Rio de Janeiro, não existiam observações de nebulosidade nos dois aeroportos, mas as condições topográficas permitiram que a nebulosidade fosse adotada para os arquivos climáticos de ambas as estações, visto que havia uma porcentagem média satisfatória de horas com dados de nebulosidade nos arquivos medidos em Ponta Pelada de 1990 a 1992 (65%).

Em Florianópolis, a porcentagem média de dados existentes nos arquivos climáticos do Aeroporto Internacional Hercílio Luz era de 59%, sendo que até 1989 era de 25%. De 1989 a 1997, a porcentagem média foi de 93%. Deste, percebe-se que, pela Tabela 1, a porcentagem média de horas com registros de nebulosidade em Hercílio Luz foi de 30% tanto de 1990 a 1992 como de 1993 a 1997. No LABSOLAR, dos arquivos disponíveis de 1990 a 1997, a média de dados com radiação global foi alta, de 91% de 1990 a 1992 e de 88% de 1993 a 1997.

Tabela 1: Porcentagem de registros horários de nebulosidade observados nos aeroportos ou de radiação solar medida no LABSOLAR.

Médias nos Anos de	Rio de Janeiro		Manaus		Florianópolis	
	Santos Dumont	A. C. Jobim	Ponta Pelada	Eduardo Gomes	Hercílio Luz	LABSOLAR (radiação solar)
82 a 89	23%	0	23%	0	24%	-
90 a 92	0	0	65%	0	30%	91%
93 a 97	5%	0	20%	0	30%	88%

Dos 36 arquivos climáticos disponíveis, foram selecionados os anos de 1987 a 1989 do Rio de Janeiro, os anos de 1990 a 1992 de Manaus e os de 1995 a 1997 para compilação dos arquivos climáticos de Florianópolis. Várias deficiências foram identificadas nos arquivos, como dados incompletos ou simplesmente a ausência destes.

Os arquivos climáticos medidos no aeroporto A. C. Jobim apresentavam porcentagens altas de dados existentes, ao contrário de Santos Dumont, cuja porcentagem de dados era menor que 30%. Não havia dados de pressão registrados em nenhum dos arquivos do Rio de Janeiro. Em geral, pode-se afirmar que a qualidade dos dados climáticos do Rio de Janeiro era precária, com necessidade de tratamento para obtenção de dados ausentes em todos os arquivos, sejam dados de nebulosidade, pressão ou temperatura.

Dos demais dados dos arquivos climáticos de Manaus de 1990, 1991 e 1992, não houve medição da pressão no aeroporto Eduardo Gomes. Em Ponta Pelada, o ano de 1991 apresentou a menor porcentagem de dados existentes, sendo que a pressão foi o fator que também apresentou baixa porcentagem de dados registrados nos arquivos climáticos, não ultrapassando 24%.

Os arquivos climáticos do LABSOLAR não apresentavam dados de ventilação em nenhum ano, o que resultou numa análise à parte da influência deste fator climático no consumo de energia de uma edificação. Apresentavam, no entanto, dados de radiação solar, enquanto os demais arquivos climáticos, provenientes da base de dados do *National Climatic Data Center* apresentavam somente a nebulosidade.

3.1.2. Procedimentos de Tratamento dos Dados

3.2.1.1. Dados ausentes: Devido ao grande número de correções necessárias para a compilação dos arquivos climáticos, foi desenvolvido um programa para corrigir as imperfeições identificadas nos arquivos climáticos. O procedimento consistiu em apagar dados registrados em horas fracionadas (15:35, 9:10), mantendo os registros nas horas inteiras somente, retirar registros em anos bissextos, inserir linhas vazias para as horas e dias não existentes e interpolar os dados quando até cinco horas consecutivas estivessem ausentes.

Intervalos de mais de cinco horas com dados ausentes exigiram uma análise dos dados de, no mínimo, três dias antes e três dias depois, para observar a tendência do fator climático durante o período não medido. De acordo com esta tendência, foi possível definir de qual dia seriam copiados os dados inexistentes. Estes dados eram copiados das horas correspondentes às horas que não continham dados.

Como, em geral, a ausência de dados consecutivos ocorria em diversos fatores ao mesmo tempo, a temperatura de bulbo seco foi considerada o fator de maior peso para análise [HENSEN, 1999], seguida da temperatura de bulbo úmido, em razão de suas influências nos sistemas de condicionamento de ar. Assim, em geral, analisou-se a tendência da temperatura de bulbo seco para preencher as lacunas em branco dos dias sem dados registrados.

3.2.1.2. Umidade relativa: A compilação do arquivo climático para o formato *.bin do DOE 2.1-E exigiu que a temperatura de ponto de orvalho, T_d fosse convertida em temperatura de bulbo úmido. Este processo foi realizado através de equações propostas pela ASHRAE [2001].

3.2.1.3. Pressão: Os arquivos climáticos provenientes de A. C. Jobim e Santos Dumont no Rio de Janeiro, Eduardo Gomes em Manaus e do LABSOLAR em 1996 em Florianópolis não continham registros de pressão. Observando a sua variação nos demais arquivos climáticos que continham a pressão registrada, percebeu-se que sua variação era pequena. Foi então adotada a pressão constante

nas 8760 horas do ano, sendo consultada a altitude da estação climática para estimar a pressão nesta localidade através de equação proposta pela ASHRAE [2001].

3.2.1.4. Vento: PEDRINI [1997] realizou testes da influência da ventilação na simulação do consumo de energia usando o DOE 2.1-E. Simulou dois arquivos, um com dados de vento registrados e outro, idêntico, porém com dados de vento iguais a zero para todo o ano, mostrando que a ausência de velocidades de vento nas simulações do DOE 2.1-E em Florianópolis alterou o consumo mensal em 6%. Como os arquivos do LABSOLAR não possuíam dados horários de vento, foi necessário adotar as velocidades e direções de vento horárias medidas no Aeroporto Hercílio Luz para os correspondentes anos dos arquivos climáticos do LABSOLAR, mesmo sabendo que as condições topográficas das duas estações poderiam acarretar diferenças na velocidade do vento quando muita alta.

3.2.1.5. Radiação global, Direta e Difusa: O LABSOLAR foi a única estação a medir a radiação solar. Nos demais arquivos climáticos, cedidos pelo *National Climatic Data Center*, havia apenas dados horários de nebulosidade disponíveis. Apesar do DOE 2.1-E estimar a radiação solar utilizando a nebulosidade, KRUGER & LAMBERTS (1999) mostraram que seus algoritmos não descrevem satisfatoriamente as condições brasileiras de radiação solar. Foi então usada uma equação (Equação 1) desenvolvida para Florianópolis por PITTA (2001) para estimar a radiação global do Aeroporto Hercílio Luz. Os coeficientes mensais da equação de PITTA (2001) foram ajustados segundo CARLO & LAMBERTS (2001) para estimativa da radiação global nos arquivos climáticos de Manaus e Rio de Janeiro.

$$H/H_0 = a(N^2/10) + b(N/10) + c \quad \text{(Equação 1)}$$

Sendo,

H – radiação global diária

H₀ – radiação global extraterrestre diária

N – nebulosidade média diária (0 – 10, céu claro a céu nublado)

a, b, c – coeficientes mensais de regressão (Tabela 2)

Tabela 2: Coeficientes mensais de regressão para Florianópolis, Rio de Janeiro e Manaus.

Coeficientes		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
a		-1.01	-0.85	-0.50	-0.39	-0.26	-0.46	-	-0.66	-	-0.77	-0.60	-0.40
b		0.78	0.62	0.10	-0.04	-0.08	0.03	0.14	0.23	0.15	0.29	0.20	-0.10
c	Florianópolis	0.48	0.52	0.67	0.71	0.69	0.69	0.70	0.68	0.68	0.70	0.68	0.75
	Rio de Janeiro	0,53	0,63	0,59	0,57	0,54	0,58	0,48	0,60	0,51	0,52	0,52	0,59
	Manaus	0,36	0,39	0,54	0,57	0,56	0,57	0,63	0,58	0,66	0,54	0,50	0,62

Por fim, os arquivos climáticos deveriam possuir as 8760 horas do dia completas, com dados originais ou copiados de outras localidades da mesma cidade, como mostra a Tabela 3. A direção e a velocidade do vento no LABSOLAR e foram copiadas de Hercílio Luz. Em A. C. Jobim, foi adotada a nebulosidade observada de Santos Dumont, assim como em Eduardo Gomes adotou-se a nebulosidade observada de Ponta Pelada. As temperaturas de bulbo seco foram todas medidas, como foram também as temperaturas de ponto de orvalho nos arquivos do Rio de Janeiro, Manaus e de Hercílio Luz em Florianópolis, a partir das quais estimou-se a umidade relativa com fórmulas da ASHRAE para se obter a TBU através de cálculo no programa computacional Psychros. A radiação global foi medida somente no LABSOLAR, assim como a radiação direta e a radiação difusa. Os demais arquivos tiveram dados de radiação estimados a partir da nebulosidade.

Tabela 3: Origem dos dados de cada localidade compilados para o formato *.bin.

	Rio de Janeiro, RJ		Manaus, AM		Florianópolis, SC	
	SD	ACJ	PP	EG	HL	LS
Dir_{vento}	SD	ACJ	PP	EG	HL	HL
V_{vento}	SD	ACJ	PP	EG	HL	HL
N	SD	SD	PP	PP	HL	
TBS	SD	ACJ	PP	EG	HL	LS
Td	SD	ACJ	PP	EG	HL	

UR	ASHRAE	ASHRAE	ASHRAE	ASHRAE	ASHRAE	LS
Pressão	SD	ACJ	PP	EG	HL	LS
I	Eq. 06	Eq. 06	Eq. 06	Eq. 06	Eq. 06	LS
Id	Eq. 07	Eq. 07	Eq. 07	Eq. 07	Eq. 07	LS
Ib	Eq. 07	Eq. 07	Eq. 07	Eq. 07	Eq. 07	LS
TBU	Psychros	Psychros	Psychros	Psychros	Psychros	Psychros

3.2. Definição dos Protótipos

Os protótipos de edificações a ser simuladas foram definidos escolhendo duas opções dentre os 512 modelos simulados por SIGNOR (1999) no DOE 2.1-E. Duas edificações foram selecionadas de acordo com sua sensibilidade às condicionantes climáticas: uma pouco sensível às condições externas e outra sensível às condições topoclimáticas externas. (CARLO & LAMBERTS, 2001). A partir destes dados, foi modelado um edifício de 1 bloco de planta de 12 x 30 m, 10 pavimentos, altura entre pisos de 3,1 m e maior fachada na orientação N-S. Duas alternativas foram criadas: protótipo A, que possui vidro claro SS14, altura do peitoril de 1,2 m e proteção horizontal – *brise* - de 1 m e protótipo B, que possui vidro claro de 3 mm, altura do peitoril de 0,4 m e nenhum *brise*. Os materiais das paredes, coberturas e piso foram escolhidos ou ajustados com base na biblioteca bras98.lib que contém “elementos e componentes construtivos de uso comum no Brasil, (...) desenvolvido no LabEEE”. (www.labeee.ufsc.br)

4. RESULTADOS

A avaliação foi realizada através das diferenças entre os fatores climáticos medidos nas estações e entre o consumo anual de energia elétrica simulado no DOE 2.1-E. As diferenças entre os consumos foram avaliadas entre protótipos, sítios e anos simulados. A Tabela 4 apresenta as médias destas diferenças no Rio de Janeiro, em Manaus e em Florianópolis. No Rio de Janeiro, foi encontrado, em média, 49% de diferenças entre os graus-hora dos arquivos climáticos medidos no Aeroporto Antônio Carlos Jobim e no Aeroporto Santos Dumont. Em Manaus, as diferenças foram baixas, 3% em média. Já em Florianópolis, a diferença entre os graus hora dos arquivos medidos no aeroporto Hercílio Luz e no LABSOLAR foi, em média, de 18%.

Não houve diferenças entre a radiação incidente dos arquivos climáticos dos aeroportos do Rio de Janeiro devido ao uso dos mesmos dados de nebulosidade para os dois aeroportos, assim como ocorreu com Manaus. Em Florianópolis, no entanto, a diferença entre a radiação medida no LABSOLAR e a estimada a partir de dados de nebulosidade observados em Hercílio Luz foi, em média, 23% maior em Hercílio Luz.

Estas diferenças se refletiram no consumo de energia dos protótipos simulados. A diferença média de consumo entre os protótipos A, menos sensível às alterações climáticas, e o protótipo B, mais sensível, foi de 59% no Rio de Janeiro e em Florianópolis e de 52% em Manaus.

Já a diferença de consumo entre sítios foi de 6% nos dois protótipos no Rio de Janeiro, 1% no protótipo A e 2% no protótipo B em Manaus e 3% no protótipo A e 5% no protótipo B em Florianópolis, com máximos de 8%, 3% e 8% para cada cidade, respectivamente.

Por fim, observou-se que não houve diferenças significativas entre anos em nenhuma das 3 cidades, com médias que não ultrapassaram 2%.

A baixa diferença entre anos, no entanto, não significa baixas diferenças de consumo entre um arquivo real e o TRY. O consumo de energia simulado com o uso de arquivos reais foi comparado ao consumo simulado com o TRY de Florianópolis. O TRY apresentava dados de nebulosidade que foram convertidos para dados horários de radiação solar como realizado nos arquivos climáticos de Hercílio Luz. As diferenças entre o consumo simulado com o TRY e com os arquivos climáticos de Hercílio Luz e entre o consumo simulado com o TRY e com os arquivos climáticos do LABSOLAR são apresentados na Tabela 5. As diferenças encontradas entre o consumo de energia simulado com o TRY e com arquivos climáticos medidos em Hercílio Luz são de 8% e 10%, para os protótipos A e B respectivamente. Comparando o consumo de energia de protótipos simulados com o TRY e com arquivos climáticos do LABSOLAR, as diferenças são menores, 5% em média, para os dois protótipos.

Tabela 4: Médias das diferenças de graus hora, radiação e consumos para o Rio de Janeiro, Manaus e Florianópolis.

Diferenças entre			Rio de Janeiro	Manaus	Florianópolis
Graus-hora			(A.C.J – SD)	(EG-PP)	(LS-HL)
			49%	3%	18%
Radiação solar			(A.C.J – SD)	(EG-PP)	(LS-HL)
			0	0	23%
Consumo de energia entre	Protótipos	Diferença	(B – A)	(B – A)	(B – A)
				59%	52%
	Sítios	Diferença	(A.C.J – SD)	(A.C.J – SD)	(A.C.J – SD)
		Protótipo A	6%	1%	3%
		Protótipo B	6%	2%	5%
	Anos	Diferença	(1989-1988) (1988-1987)	(1992-1991) (1991-1990)	(1997-1996) (1996-1995)
		Protótipo A	1%	2%	0
		Protótipo B	1%	2%	1%

Tabela 5: Módulo das diferenças de consumo de energia elétrica entre protótipos simulados com o TRY e com os arquivos climáticos medidos no aeroporto Hercílio Luz ou no LABSOLAR.

Protótipo	Sensibilidade	Hercílio Luz (TRY-HL _{1995, 1996, 1997})	LABSOLAR (TRY-LS _{1995, 1996, 1997})
A	Menos sensível	8%	5%
B	Mais sensível	10%	5%

5. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

As diferenças de consumo utilizando arquivos climáticos medidos em estações distintas mostraram ser significativas em alguns casos, como na diferença de consumo entre protótipos – o que já era esperado –, na diferença de consumo entre alguns arquivos medidos em sítios distintos e na diferença de consumo entre um arquivo climático de um ano em que extremos de temperatura podem ter ocorrido e de um TRY.

As diferenças de consumo entre os protótipos foram significativas para todos os casos, 59% em média, mostrando a diferença no consumo que pode ser alcançada com alterações na envoltória e nos sistemas utilizados em uma edificação.

Já as diferenças de consumo entre sítios mostraram ser coerentes com as condicionantes climáticas. No Rio de Janeiro, onde as diferenças entre os graus hora foram maiores, de 49% em média, também foram maiores as diferenças de consumo entre sítios, de 6%. Em Florianópolis, as diferenças entre os graus hora de arquivos medidos em sítios distintos não foram tão significativas quanto as do Rio de Janeiro, de 18% somente, mas a diferença entre a radiação solar incidente no aeroporto Hercílio Luz e no LABSOLAR contribuíram para que as diferenças de consumo entre os protótipos B, mais sensíveis à alterações climáticas e sem proteções solares, chegassem a 5%.

No entanto, a simulação utilizando anos reais e o arquivo TRY apresentou as maiores diferenças no consumo. A simulação com os arquivos climáticos do LABSOLAR apresentou diferenças de consumo quando comparadas ao TRY de 5%, mas a diferença no consumo de energia simulado com um ano real e com um arquivo TRY chegou a 10% para Hercílio Luz no protótipo mais sensível às alterações climáticas.

Estes resultados alertam para os consumos que são possíveis de serem encontrados, tanto ao realizar uma simulação utilizando um arquivo real ou um arquivo TRY. O simulador deve ter conhecimento do grau de diferenças que podem ser encontradas dependendo do arquivo climático utilizado e avaliar o melhor procedimento para cada caso de acordo com os objetivos da simulação.

Outro alerta refere-se à qualidade dos arquivos climáticos. Os procedimentos adotados no tratamento de alguns arquivos climáticos, especialmente os arquivos do Rio de Janeiro que apresentavam uma baixa porcentagem de dados - cerca de 57% das horas do ano possuíam algum dado preenchido e somente 23% das horas possuíam dados de nebulosidade registrados -, devem ser avaliados de acordo com os objetivos da simulação. Neste caso, a comparação foi válida por ausência de dados de melhor

qualidade, mas vários destes arquivos não são recomendados para estimativas de consumo de energia visando previsões ou análises não comparativas. É necessário que arquivos climáticos com dados horários de melhor qualidade, provenientes de estações automáticas que realizem aferições e calibrações periódicas em seus equipamentos, sejam produzidos em maior escala, visando subsidiar não somente o tráfego aéreo nos aeroportos, mas também o conforto ambiental e a eficiência energética nas edificações e cidades.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S. L., COLLE, S., ALMEIDA, A. P., MANTELLI NETO, S. L. Qualificação e recuperação de dados de radiação solar medidos em Florianópolis -SC. In: *Brazilian Congress of Thermal Engineering and Sciences*, 8th, 2000, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: ENCIT, 2000.

ASHRAE. *ASHRAE Fundamentals Handbook*. Atlanta: ASHRAE, 2001.

CARLO, J. C. *Diferenças na simulação do consumo de energia elétrica em edificações decorrentes do uso de arquivos climáticos de sítios e anos distintos*. 2002. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

CARLO, J. C., LAMBERTS, R. Urban Climate and its influence on energy consumption; a case study in two Brazilian cities. *Building Simulation 2001, Anais...* Rio de Janeiro: IBPSA Brazil, 2001. pp. 167-174

HASSID, S., SANTAMOURIS, M., PAPANIKOLAOU, N., LINARDI, A., KLITSIKAS, N., GEORGAKIS, C., ASSIMAKOPOULOS, D. N. The effect of the Athens heat island on air conditioning load. In: *Energy & Buildings*. Elsevier Science, v. 32, p. 131-141, 2000.

HENSEN, J. Simulation of building energy indoor environmental quality - some weather data issues. In: *International Workshop on Climate Data and Their Applications in Engineering*, 1999, Prague. *Proceedings...* Prague: Czech Hydrometeorological Institute in Prague, 1999.

KRÜGER, E., LAMBERTS, R. Comparação da radiação solar medida com valores estimados a partir de dados de nebulosidade. In: *ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUIDO*, V, 1999, Fortaleza. *Anais eletrônicos...* Fortaleza: ANTAC, 1999.

PEDRINI, A. *Desenvolvimento de metodologia de calibração de modelos para simulações térmica e energética de edificações*. 1997. 186 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

PITTA, T. *Estudo de métodos diretos e indiretos de estimativa de irradiação solar global diária horizontal a partir de observações superficiais de cobertura total de nuvens em Florianópolis*. 2001. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.

SIGNOR, R. *Análise de regressão do consumo de energia elétrica frente a variáveis arquitetônicas para edifícios comerciais climatizados em 14 capitais brasileiras*. 1999, 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina.