



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

IDENTIFICAÇÃO DO ANO CLIMÁTICO DE REFERÊNCIA PARA GOIÂNIA - GOIÁS¹

ABREU-HARBICH, Loyde Vieira (1); CHAVES, Victor Leandro (2)

(1) Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, e-mail: loydeabreu@gmail.com ; (2) Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, e-mail: victorleandro2@hotmail.com;

RESUMO

A identificação do perfil climático de cidades tropicais auxilia no desenvolvimento de diretrizes projetuais que visam à eficiência energética e conforto térmico tanto em ambiente internos como externos. Porém o ano climático de referencia utilizados em simulações nem sempre está disponível para algumas cidades brasileiras com clima tropical com estação seca predominante, como Goiânia – Go. Este artigo visa identificar o ano climático de referência, para a cidade de Goiânia-Go, obtido por meio da metodologia do Test Reference Year (TRY) da ASHRAE. Os dados meteorológicos utilizados foram da Estação Meteorológica do Aeroporto Santa Genoveva para um período de 10 anos (2005 a 2014). Os resultados apontaram que o ano de referência é 2013. A temperatura média anual é 23,59° C e a temperatura base é 24° C. O mês mais quente é o outubro de 2005, com 26,77° C e o mês mais frio é julho de 2008, com 19,83° C. No período seco, amplitude térmica pode chegar até 23° C. A umidade relativa mais baixa encontrada foi em agosto de 2007, 43,56%. Esses resultados poderão ser aplicados por arquitetos e engenheiros em simulações computacionais visando à eficiência energética, conforto térmico e sustentabilidade do ambiente construído.

Palavras-chave: Ano de referencia climática (TRY). Clima tropical (Goiânia). Eficiência Energética.

ABSTRACT

The identification of climatic profile of tropical cities helps on development of projective guidelines aimed at energy efficiency and thermal comfort in both indoor and outdoor environments. However, Test year reference (TRY) used in simulations is not always available for some Brazilian Tropical cities with dry season, such as Goiania - Go. This paper aims to identify the test reference year for Goiania-Go, obtained by using the methodology of Test Reference Year (TRY) ASHRAE. Meteorological data used were the Meteorological Santa Genoveva Airport Station for a period of 10 years (2005-2014). The results showed that the reference year is 2013. The average annual temperature is 23,59° C and the base temperature is 24 C. The warmest month is October 2005, with 26,77° C and the coldest month is July 2008 with 19,83° C. in the dry season, temperature range can reach 23 C. The lowest relative humidity was found in August 2007, 43.56%. These results may be applied by architects and engineers in computer simulations aimed at energy efficiency, thermal comfort and sustainability of the built environment.

Keywords: Test Reference Year (TRY). Tropical Climate (Goiânia). Energy efficiency.

¹ CHAVES, V. C.; ABREU-HARBICH, L.V. Identificação do ano climático de referência para Goiânia – Goiás. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Para que o ambiente construído seja energeticamente eficiente e sustentável é necessário que a arquitetura seja adaptada ao clima. O primeiro passo para o desenvolvimento de uma arquitetura bioclimática é a análise de dados climáticos locais disponíveis para que eles possam ser utilizados no desenvolvimento de diretrizes projetuais (RORIZ, 2012). É importante que os dados meteorológicos sejam direcionados a solução de problemas em projetos de edificações para que eles não sejam ignorados por profissionais da área da construção (GOULART; FIRMINO; LAMBERTS, 1998).

Inicialmente, dados climáticos de 14 capitais brasileiras obtidos a partir de estações situadas em aeroportos, foram compilados pela Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-condicionado, Ventilação e Aquecimento - Instituto Brasileiro do Frio, ABRAVA/IBF junto ao Centro Técnico Aeroespacial - Instituto de Aeronáutica e Espaço, CTA/IAE INFRAERO (GOULART, 1993). Em 2005, esses dados foram atualizados por Carlo (2005) a partir de uma parceria entre empresas como Eletrobrás, PROCEL, LabEEE e outros. Os arquivos climáticos de referência foram atualizados em 2012 e 2015 e estão disponíveis para download no site no Laboratório de eficiência energética (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina. Após a norma do Zoneamento Bioclimático Brasileiro (NBR 15520) entrar em vigor, mais dados climáticos foram sendo disponíveis possibilitando o seu aperfeiçoamento e discussão no meio acadêmico (RORIZ, 2012). Neste contexto, foi disponibilizado arquivos climáticos de 411 municípios Brasileiros para download. No entanto, os arquivos climáticos para a cidade de Goiânia estão disponíveis no site Roriz Bioclimática (RORIZ, 2012) e contém muitos erros e estão desatualizados, sendo necessária uma atualização dos dados.

Em resumo, três tipos de arquivos climáticos foram produzidos. Os arquivos do tipo bin, para o programa DOE 2.1-E foram renovados, contendo a partir de então dados pré-calculados de radiação solar. Os arquivos com extensão tipo "epw" foram gerados pela primeira vez para simulação do desempenho térmico de edificações no programa *EnergyPlus*. Foram também criados arquivos climáticos para consulta de dados, no formato texto, "csv", de forma que o usuário possa não somente consultar mas manipular os dados horário caso seja de seu interesse. Acompanhando estes arquivos, foram também gerados os arquivos estatísticos dos arquivos em extensão "bin" e "epw", e planilhas com um resumo dos dados do arquivo em extensão "csv".

O clima pode ser caracterizado a partir de variáveis como temperatura e umidade, radiação solar, precipitação e ventos (POUEY, 2011). A climatologia analisa os padrões de variabilidade da atmosfera para um longo período (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). As normais climatológicas, forma mais divulgadas dos dados climáticos, se baseiam em médias anuais e mensais das variáveis climáticas que são não palpáveis para os projetistas e pouco úteis para as simulações computacionais.

Existem uma série de metodologias envolvendo o diagnóstico do clima e diretrizes projetais na fase de concepção (CARLO, 2005). Alguns métodos se baseiam apenas na diferença de temperatura máximas e mínimas, outros, incluem mais variáveis como vento e radiação solar, entre outros. A partir da determinação de períodos de verão e de inverno com a utilização de valores médios mensais das temperaturas máximas e mínima é possível fazer análises utilizando os seguintes métodos: Rivero (1986), as tabelas de Mahoney (1973), Aroztegui (1995), triângulos propostos por Evans e Schiller (1991). A utilização de dados médios não permite que haja uma análise detalha das horas mais quentes ou mais frias do dia e consequentemente, controlar a utilização de energia elétrica para climatização dos ambientes internos nas horas críticas de calor.

Já com dados climáticos horários de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos e radiação solar por um período de 10 anos é possível traçar um panorama climático local, mais adaptado às mudanças climáticas. A consideração de dados climáticos realistas e atualizados tem um efeito direto no dimensionamento de sistemas de climatização de edificações e na definição de estratégias de projeto bioclimático (Rossi et al. 2009). Utilizando esses dados, é possível analisar o bioclima térmico, que analisa não só o clima, mas também o conforto térmico no ambiente construído (Abreu et al. 2014). E também, desenvolver o arquivo climático de referencia (TRY) segundo o método da ASHRAE descrito por Goulard et al. (1998) que é um formato compatível com programas computacionais de avaliação termoenergética como *EnergyPlus*, desenvolvido pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos da America e o DesignBuilder. Goulart, Lamberts e Firmino (1998) sistematizaram dados climáticos para as principais capitais brasileiras e disponibilizaram informações sobre dias típicos de verão e inverno, ano climático de referência, graus-dia e graus-hora.

Para desenvolver o arquivo TRY, exige uma análise qualitativa dos dados meteorológicos utilizados. Devido à falha humana, de equipamentos ou interrupção no fornecimento de energia, os registros de dados climáticos podem conter dados fora do padrão ou não registrados. Neste caso, os dados devem ser corrigidos. Existem alguns métodos de verificação como os testes descritos por Pittigliani (2000): *range* (confere os limites climatológicos máximos e mínimos); *step* (avalia a diferença máxima entre valores de dois dados consecutivos); *persistence* (verifica a persistência de um mesmo valor em uma série temporal); e *spatial* (realiza um exame espacial dos dados). No entanto, esses os dados são nulos por mais de 5h, é necessária a análise de dias anteriores e posteriores ao intervalo para fazer a interpolação a partir de dados no mesmo horário e tendências de variações diárias. Para períodos maiores, é preferível adotar dados de um ano anterior. Se as lacunas forem por vários dias consecutivos, os meses analisados, ou anos deverão ser descartados da compilação dos arquivos climáticos (Guimarães e Carlo, 2010; Abreu-Harbach, 2012).

Baseando na necessidade de atualizar os dados, bem como corrigir os dados faltantes dos arquivos climáticos disponíveis, este artigo visa apresentar resultados de uma análise feita a partir de dados obtidos pela estação meteorológica do aeroporto de Goiânia dos últimos 10 anos. Foi obtido os seguintes dados temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos, ponto de orvalho, pressão atmosférica, radiação global. Logo, serão necessários cálculos analíticos para radiação solar difusa e temperatura de bulbo úmido, entre outras variáveis não medidas, para gerar os arquivos *Energy Plus Weather* (EPW) e CSV (*comma-separated values*).

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é identificar o ano climático para a cidade de Goiânia a partir de um banco de dados fornecido pela Estação Meteorológica do Aeroporto Santa Genoveva, utilizando a metodologia da ASHRAE descrita por Goulart (1998).

3 METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

Goiânia (16° 40 S; 49° 15 W; 749m) situa-se na região centro-oeste do Brasil, sendo a capital mais próxima da capital federal Brasília (cerca de 200Km). É a segunda capital mais populosa do centro-oeste, superada por Brasília. Na década de 60, a cidade sofreu um acelerado crescimento populacional, e hoje possui cerca de 1 milhão e quatrocentos mil de habitantes (IBGE) e com densidade habitacional igual a 1 782,5 habitantes/km².

A cidade de Goiânia apresenta um regime pluviométrico bem definido, configurando uma estação seca (maio a outubro) e outra chuvosa (novembro a janeiro). Os meses de fevereiro, março e abril possuem uma intensidade razoável de chuvas, caracterizando uma transição entre os períodos. Os índices de umidade relativa variam de 52%, em agosto (mês mais seco do ano), e 82%, no período de dezembro a março (Ochoa; 2010). Neste trabalho, a descrição do clima será atualizada de acordo com os dados dos últimos 10 anos (2005 a 2014).

Figura 1 – Localização de Goiânia- Go



Fonte: Google Earth

3.2. Metodologia de análise de dados

Os dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do ar, pressão atmosférica, radiação solar e precipitação utilizados neste estudo foram obtidos através da estação meteorológica do aeroporto Santa Genoveva, que se encontra em uma área urbana, livre de obstáculos (lat.: 16.64° S; Long.: 49,22 W, alt. 727 m). O período estudado é de 10 anos (1 janeiro de 2005 a 31 de dezembro de 2014). O intervalo dos dados é horário.

Com auxílio de uma planilha no software Excel, todos os dados foram verificados. O primeiro passo é identificar os dados faltantes no arquivo. Devido às falhas decorrentes de problemas de sensores ou sinais de satélite, os dados são registrados com a "NULL". Esta palavra que significa um erro no dado. Os erros identificados devem ser substituídos pela série de dados do mesmo dia e horário de um ano anterior com um comportamento similar ao daquele ano. Caso o ano anterior não tenha um comportamento similar aquele em que o dado está faltando, deve-se observar o comportamento médio dos dados com os anos anteriores. Além disso, as temperaturas negativas ou muito baixas podem ser excluídas da análise, caso não seja presente inconsistência.

Para identificação do Test Reference Year (TRY) foi utilizada a metodologia desenvolvida pela ASHRAE (1993), descrita por GOULART (1998). O TRY é identificado a partir de um procedimento que utiliza somente as temperaturas médias mensais dois anos estudados. A metodologia consiste 4 passos em:

1. Calcular as temperaturas médias mensais para cada ano disponível (2005a 2014) (Tabela 1).

Tabela 01 – Médias das Temperaturas do ar para os anos de 2005 a 2014

ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2005	24.21	24.14	24.11	24.44	21.62	20.99	20.90	23.21	26.39	26.78	25.29	26.18
2006	24.70	24.25	24.52	24.61	22.62	23.68	23.76	25.10	26.07	25.37	24.31	24.21

2007	24.60	23.98	24.57	24.28	21.52	20.93	21.61	22.86	26.14	26.56	24.73	23.69
2008	23.61	23.53	23.40	23.54	21.09	20.50	19.84	22.95	24.66	25.45	24.14	23.85
2009	24.22	24.23	24.25	22.83	21.82	20.29	21.73	22.95	24.95	24.48	24.72	23.73
2010	24.52	24.99	24.44	23.35	21.96	20.67	22.09	22.60	26.39	25.41	24.07	24.15
2011	23.91	23.87	23.46	23.71	21.71	20.56	21.06	23.69	25.69	23.55	23.77	23.27
2012	22.78	23.40	23.74	23.84	21.31	21.78	20.79	22.35	25.29	26.38	24.10	24.84
2013	23.65	24.09	24.47	23.07	22.24	21.98	20.94	22.63	25.12	24.81	23.98	23.84
2014	24.30	24.00	23.40	23.78	21.92	21.20	20.94	23.19	26.07	26.50	24.53	23.72

2. Fazer uma coluna onde será selecionando o mês mais quente (que apresentava temperatura média mais alta) e o mês mais frio (que apresentava temperatura média mais baixa). Por exemplo, nesta análise o mês mais quente foi outubro de 2005 e o mais frio junho de 2008. Os meses escolhidos na etapa 2 foram eliminados, restando 10 meses, ou seja, para a próxima seleção os meses de outubro e junho serão desconsiderados. Destes 10, selecionou-se novamente o mês mais quente e o mês mais frio, e assim sucessivamente.

3. Desta forma, obteve-se uma tabela com os doze meses listados na ordem de seleção: na primeira coluna, os meses estão colocados de acordo com as condições (mais quente ou mais frio) e, na segunda, de acordo com o ano em que iam aparecendo (Tabela 2).

Tabela 02 - Seleção dos meses para determinar o ano climático de referência

2ª etapa	ano	3ª etapa	ano
outubro mais quente	2005	outubro mais frio	2011
julho mais frio	2008	julho mais quente	2006
setembro mais quente	2006	setembro mais frio	2008
junho mais frio	2009	junho mais quente	2006
dezembro mais quente	2005	dezembro mais frio	2011
maio mais frio	2008	maio mais quente	2006
novembro mais quente	2005	novembro mais frio	2011
agosto mais frio	2012	agosto mais quente	2006
fevereiro mais quente	2010	fevereiro mais frio	2012
janeiro mais frio	2012	janeiro mais quente	2014
abril mais quente	2006	abril mais frio	2009
março mais frio	2014	março mais quente	2007

4. Fazer uma coluna com os doze meses selecionados na etapa 3, porém com as condições invertidas.

5. A medida que os anos forem selecionados na sequência dos pares dos doze meses, eles são eliminados. Ou seja, se outubro de 2005 foi considerado o mês mais quente, ele foi desconsiderado da análise. Assim, o último ano que apareceu é o ano climático de referência (TRY).

Esta análise observou que o ano de referência encontrado foi o ano de 2013.

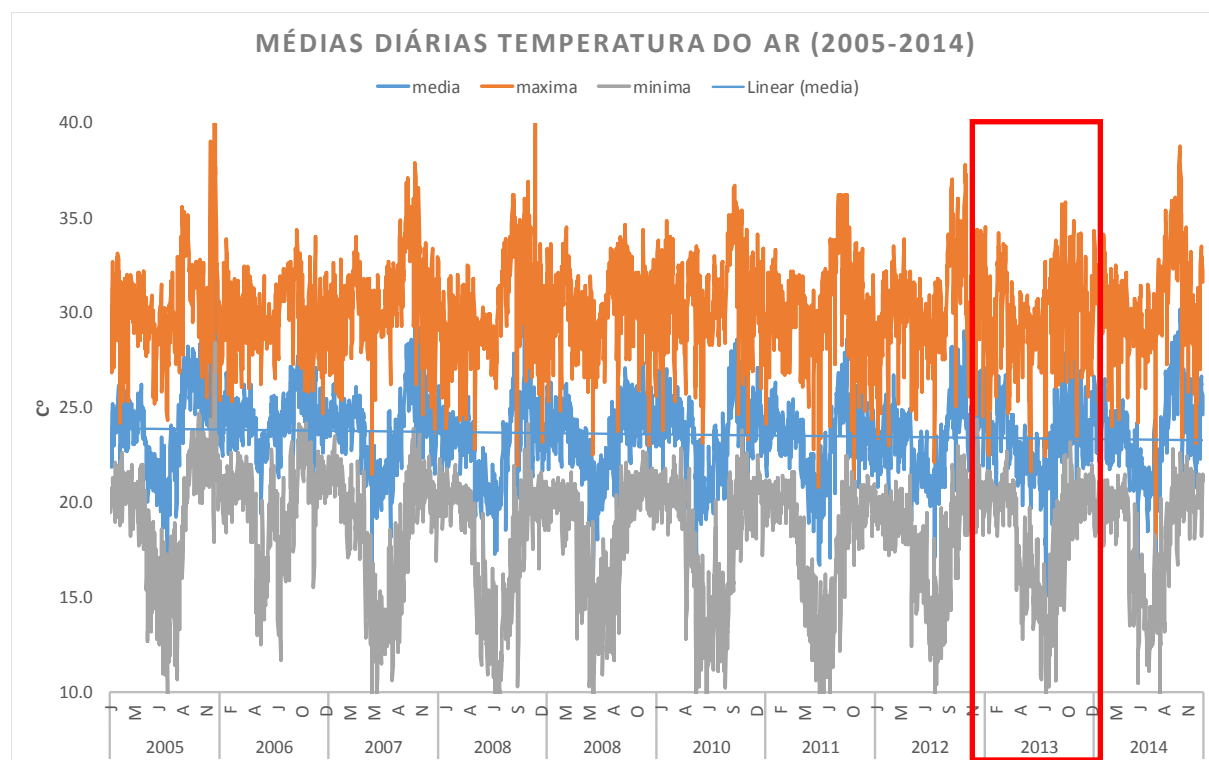
4. RESULTADOS

A figura 02 apresenta as médias, máximas e mínimas da temperatura do ar.

O mês mais quente encontrado nesta análise foi outubro de 2005 e o mês mais frio foi junho de 2008. O ano mais frio foi 2007 e o mais quente, 2006. A média da temperatura do ar para o período estudado encontrada é de 23.59° C. A temperatura do ar máxima das máximas é 41°C e a mínima das mínimas é 8° C.

A figura 03 apresenta a frequência das temperaturas do ar. A temperatura mais frequente é de 24° C, porém no período da tarde, as temperaturas ficam em torno de 29° C causando um desconforto tanto nos ambientes internos e externo. A tabela 03 apresenta as horas de desconforto mensais e anuais para o ano de 2013. O mês de setembro foi o que apresentou mais horas de desconforto, seguidos pelo mês de outubro e março. Desconforto por frio, ou seja, temperaturas abaixo de 18° C foram encontradas apenas 2 horas no mês de julho.

Figura 2 – Médias, Máximas e Mínimas da Temperatura do ar para o período 2005 a 2014



Fonte: Autor

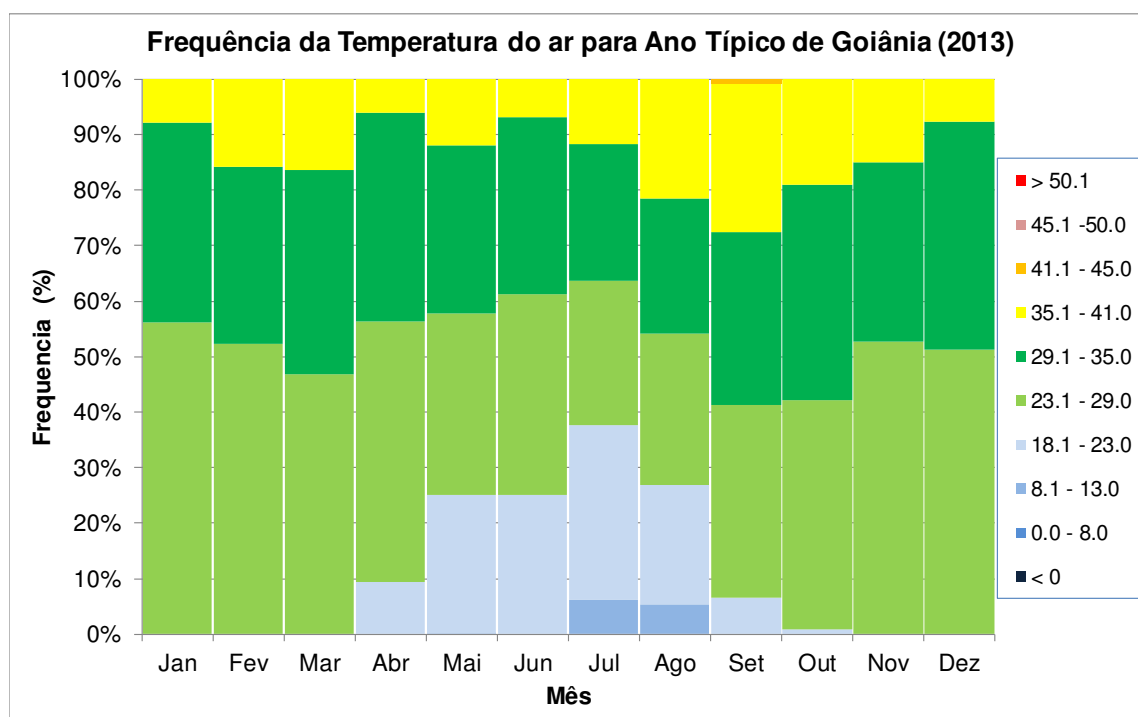
Tabela 03 -Desconforto por calor para o ano de 2013

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual
24	13	16	18	4	1	0	0	8	24	18	16	13	131
25	6	10	14	0	0	0	0	4	11	13	6	4	68

26	2	3	8	0	0	0	0	0	10	7	4	1	35
27	1	0	0	0	0	0	0	0	6	3	0	0	10
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

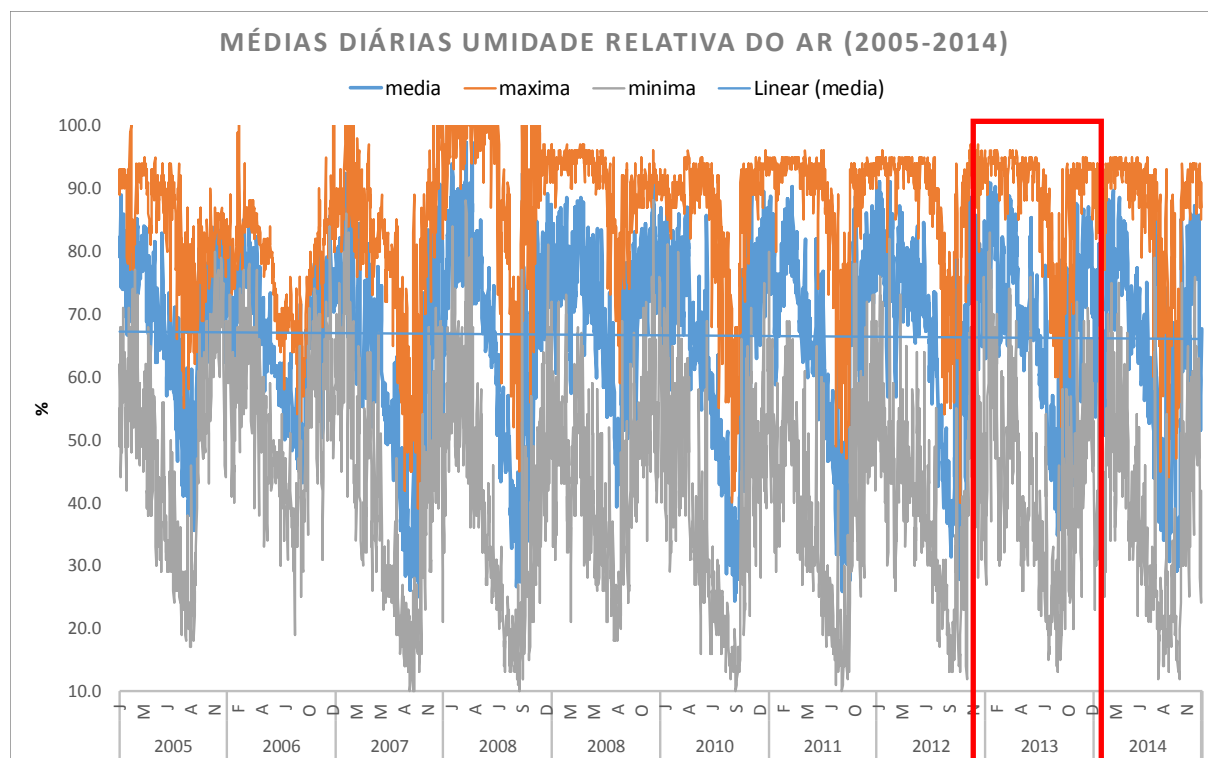
A figura 04 apresenta as médias, máximas e mínimas da temperatura do ar. A média da umidade relativa do ar é de 71.26 %. O mês mais seco é agosto com média mensal de 53,33%, porém a média mais baixa registrada é de 43,56% em setembro de 2007. O mês mais úmido é dezembro com a média mensal de 88,1% e o mês mais úmido do período estudado é dezembro de 2009, com 91%. Observou-se que o clima tropical com estação seca predominante, onde amplitude térmica varia entre 10 a 17° C.

Figura 3 – Frequência da Temperatura do ar para o período de 2005 a 2014



Fonte: Autor

Figura 4 – Médias, Máximas e Mínimas da Umidade Relativa do ar para o período de 2005 a 2014



Fonte: Autor

4 CONCLUSÕES

A identificação do perfil climático de cidades tropicais auxilia no desenvolvimento de diretrizes projetuais que visam à eficiência energética tanto de ambiente internos como externos, porém nem sempre estão disponíveis para algumas cidades brasileiras como Goiânia, Goiás. Este artigo visa identificar o ano climático de referência, para a cidade de Goiânia-Go, obtido por meio da metodologia do Test Reference Year (TRY). Também, analisa os dados históricos de temperatura do ar, umidade relativa, radiação Solar, precipitação e velocidade do ar.

A metodologia que consiste na seleção de um ano climático a partir da eliminação de anos de dados com temperaturas médias mensais extremas (altas e baixas) permanecendo apenas um ano, constatou que o ano climático de referência é o ano de 2013. A partir disso, pode-se fazer uma série de análises para a descrição do clima envolvendo temperatura e umidade. Identificou que as horas de desconforto no ano típico se deve mais por calor do que por frio. Salienta-se que o intervalo de temperaturas confortáveis considerada neste análise é baseada na ASHRAE, (1993). No entanto é necessário um estudo mais aprofundado, incluindo entrevistas com pessoas em ambientes internos e externos para se identificar a temperatura de confortável para as pessoas que vivem na cidade de Goiânia.

Salienta-se que o desenvolvimento do arquivo climático para Goiânia é necessário, porém ainda está em desenvolvimento. Os próximos passos serão, organizar os dados em um arquivo incluído o cálculo de dados não medidos como a radiação difusa, entre outros.

O desenvolvimento de um arquivo climático atualizado ajudará no desenvolvimento de pesquisas sobre eficiência energética desenvolvidas na Universidade Federal de Goiás, bem como no desenvolvimento de projetos de edificação que se apoiam em simulações computacionais para a tomada de decisões em projeto.

AGRADECIMENTOS

A CAPES e FAPEG pelo apoio financeiro da pesquisa de Pós-Doutorado e Mestrado

REFERÊNCIAS

ABREU-HARBICH, L. V., LABAKI, L.C., MATZARAKIS, A. Thermal Bioclimate as factor in urban and architectural planning in tropical climates – The case of Campinas, Brazil. **Urban Ecosystems**, v. 17, n. 2, p. 489-500, Jun. 2014.

AKUTSU, M., VITTORINO, F., KANACIRO, C. (1993): Tratamento estatístico de dados climáticos para a definição dos períodos de verão e de inverno. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2, 1993, Florianópolis. **Anais....** Florianópolis: ANTAC, ABERGO, SOBRAC.

AROZTEGUI, J. M. (1995): El Proyecto para la eficiencia térmica de los edificios. III Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, Gramado/RS. (apostila de curso)

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. 1993 **Handbook of Fundamentals**. Atlanta: ASHRAE. Cap. 24. p. 24.1-24.23.

CARLO, J. C. AET N. 02/04 - ELABORAÇÃO DE REGULAMENTAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES EFICIENTES. PROCESSAMENTO DE ARQUIVOS CLIMÁTICOS PARA SIMULAÇÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES. Relatório: LabEEE-200504. 2005

EVANS, J.M., SCHILLER S.D. Climate and urban planning: the example of the planning code for Vicente Lopez, Buenos Aires. *Energy and Buildings* 15-16: 35-41. 1991

GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Florianópolis: PROCEL/Núcleo de Pesquisa em Construção; UFSC, 1998.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Contagem da população 2015.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Arquivos Climáticos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/> >

KOTTEK, M., GRIESER, J. , BECK, C. , RUDOLF, B. , RUBEL, F. World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n.3,p. 259-263, Jun. 2006

PITTIGLIANI, M. Controle de Qualidade De Dados Hidrometeorológicos Do Simepar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., Rio de Janeiro, 2000. **Anais...** Rio de Janeiro: SBMET, 2000.

RORIZ, M. **Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros**. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2012a.

RORIZ, M. **Segunda Proposta de Revisão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro**. Florianópolis: UFSC/LabEEE. 2012b.

TAVARES, L. R., AMORIM, C. N. D. Identificação do ano climático de referência para a cidade de Uberlândia - Mg . In: Encontro Nacional de Tecnologia Do Ambiente Construído, 2010, Fortaleza. **Anais...** ANTAC 2010.

ROSSI, F.; DUNKE, E; KRÜGER, E. Atualização do ano climático de referência para Curitiba. In: Encontro Nacional De Conforto No Ambiente Construído, 2009, Natal. **Anais...** ANTAC 2009.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima: condicionamento térmico natural**. 2. ed. Porto Alegre: DC Luzzato/UFRGS. 1986