

## APLICAÇÃO DA BIBLIOTECA EPPY PARA SIMULAÇÕES EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS

RODRIGO KARINI LEITZKE<sup>1</sup>; ANDERSON PRIEBE FERRUGEM<sup>2</sup>; EDUARDO GRALA DA CUNHA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – rodrigokarinileitzke@gmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – apferrugem@gmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – eduardogralacunha@yahoo.com.br

### 1. INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica vem aumentando com o passar dos anos. As edificações são parte fundamental dentro deste processo representando 48,5% do consumo total, sendo 24,2% no setor residencial, 16,3% no setor comercial e 8% no setor público (BEN, 2015).

Inicialmente, para determinar o uso eficiente de energia nas edificações é necessário avaliar o desempenho termoenergético. Através desta avaliação podemos determinar se a edificação está atendendo as necessidades dos usuários e se isto está ocorrendo de maneira eficiente.

No Brasil, a preocupação com o tema tomou maiores proporções após 2001, com a grande crise do setor energético que obrigou o país a buscar medidas mais eficientes, junto à racionalização do consumo de energia elétrica.

Em 2005, surgiram as primeiras normas de avaliação do desempenho térmico no país. A primeira foi a NBR 15220, a qual avalia o desempenho térmico de edificações de interesse social. Nesta mesma norma encontra-se o zoneamento bioclimático brasileiro, o qual estabelece diretrizes e estratégias bioclimáticas para as diferentes oito zonas do país (NBR 15220, 2005). Em seguida, em 2008 foi publicada a primeira versão da NBR 15575, que avalia o desempenho de edificações residenciais e define 13 aspectos a serem considerados durante a análise do edifício residencial (NBR 15575, 2008).

Neste contexto, a busca por estratégias eficientes nos métodos de elaboração das edificações se tornaram uma realidade. Com o advento dos computadores, surgiram ferramentas com o intuito de colaborar no trabalho dos projetistas e pesquisadores que buscam variar métodos e conceitos para um melhor desempenho térmico e conforto da edificação trabalhada.

Atualmente, o software Energy Plus criado a partir dos programas BLAST e DOE-2 e distribuído pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, atende as principais necessidades que avaliam através de simulação os índices de carga térmica e a análise energética de edificações e seus sistemas. Sua operacionalidade e execução se dão através de um arquivo de texto no formato .idf (Energy Plus Input File), gerado pelo software de modelagem utilizado (Sketchup, Design-Builder,...), que possui todas as características referentes ao modelo criado em formato textual, facilitando o processo de manutenção em eventuais problemas, ou até mesmo na alterações de características que possam contribuir para a análise que estiver sendo realizada.

Auxiliando no processo de otimização dos arquivos textuais utilizados para simulação no Energy Plus, a biblioteca Eppy v0.5.2 disponibilizada para linguagem de programação Python v2.7 e desenvolvida por Santosh Philip e Leora Tanguatco, tem por objetivo auxiliar na manipulação dos arquivos textuais utilizados para simulação do EnergyPlus através de uma automatização feita com algoritmos computacionais (PHILIP, 2013).

## 2. METODOLOGIA

Para avaliar o desempenho e a usabilidade da biblioteca Eppy, foram definidos oito testes envolvendo alterações no arquivo de texto (.idf). Destes, quatro utilizam a biblioteca para alteração das características que serão apresentadas a seguir, e os outros quatro utilizam um algoritmo linear visando alterar as mesmas propriedades testadas nos quatro testes iniciais. As situações avaliadas após a execução foram o tempo gasto para execução de cada caso e a complexidade algorítmica associada. Para realização destes testes, foi utilizada uma tipologia de quatro pavimentos para uso residencial, caracterizada pela tabela a seguir.

Tabela 1: Tipologia e uso

Dimensão		23m x 8,5m	
Número de pavimentos		4	
Ambiente	Atividade Realizada	Calor Produzido	Calor produzido para área de pele = 1,80 m²
		(W/m²)	(W)
Sala	Sentado ou assistindo TV	60	108
Dormitórios	Dormindo ou descansando	45	81
Sistema de ar condicionado (HVAC)		COP 3,00 (resfriamento) COP 2,75 (aquecimento)	

Fonte: Autores

Visto que o arquivo de texto utilizado para realizar as simulações (.idf) geralmente possui um tamanho considerável (levando em consideração a quantidade de informações necessárias para simulação entre 2MB e 30MB), a diferença significativa entre as duas implementações propostas, está na complexidade dos algoritmos.

Segundo conceitos de notação assintótica (CORMEN, 2009), o algoritmo linear implementado possui notação  $O(n^2)$  que define a complexidade definida pela realização de duas buscas, a primeira percorrendo todo o arquivo trabalhado, e a segunda percorrendo o material que desejamos alterar. Seu método consiste em procurar por uma palavra-chave dentro do arquivo na primeira busca para em seguida, alterar uma determinada propriedade ou material com a segunda busca.

Figura 1: Exemplo de um material no arquivo de texto .idf

```
! Aglomerado_ - thickness 0,011
Material, Aglomerado__0011,
    Rough,
    .011,
    .058,
    553.35,
    2300,
    .9,
    .2,
    0;
!- Material name
!- Roughness
!- Thickness {m}
!- Conductivity {w/m-K}
!- Density {kg/m3}
!- Specific Heat {J/kg-K}
!- Thermal Emittance
!- Solar Absorptance
!- Visible Absorptance
```

Fonte: Autores

Como podemos observar na figura 1, caso uma alteração seja realizada no material Aglomerado, para implementação linear, buscamos pela palavra-chave “! Aglomerado\_” no arquivo, e em seguida, podemos alterar alguma de suas propriedades através de uma nova busca por uma das possibilidades (Thickness para alterar a espessura, Density para alterar a densidade entre outras).

Já o algoritmo implementado utilizando a biblioteca Eppy apresenta diferenças na forma como manipulamos as alterações de suas propriedades no idf. Segundo a documentação da biblioteca, a notação assintótica para cada operação de alteração disponibilizada é  $O(n \log n)$ , isto se deve ao fato de que quando um objeto do arquivo de texto é criado pelo algoritmo, uma busca que varre todo o arquivo é realizada a fim de dividi-lo em módulos que contêm as mesmas características da modelagem original do idf, porém proporcionando maior facilidade no processo de busca do algoritmo (em formato de árvore).

Figura 2: Trecho de código em Python com a chamada da biblioteca Eppy

```
from eppy import modeeditor
from eppy.modeeditor import IDF

# Seleção do arquivo .idf;
idf_file = "/usr/local/EnergyPlus-8-3-0/ArquivoIDF.idf"

# Função de interpretação do .idf;
idf_1 = IDF(idf_file)

# Set de todos os materiais disponíveis;
materials = idf_1.idfobjects['MATERIAL'][0]
```

Fonte: Autores

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para comparação da execução dos oito casos propostos pelo trabalho, foram definidos critérios a fim de testar as mesmas características nas duas implementações. As alterações ocorreram no material Aglomerado, modificando em cada caso 1.000, 5.000, 10.000 e 15.000 valores de Thickness {m} (espessura), Density {kg/m<sup>3</sup>} (densidade) e Solar Absorptance (absortância solar) conforme a Figura 1, respectivamente. Para realizar estas alterações, foram gerados arquivos de texto contendo o número de alterações referentes a cada caso. Os testes foram executados utilizando um processador Intel core™ i5-3330 CPU @ 3.00GHz 3.20GHz, com o sistema operacional Ubuntu 16.10 LTS 64bits.

Tabela 2: Tempo de execução para cada simulação considerando o algoritmo utilizado e sua complexidade

Entrada	Algoritmo linear		Algoritmo Eppy	
	Tempo de Execução (segundos)	Complexidade	Tempo de Execução (segundos)	Complexidade
1.000 Alterações	13,242	$O(n^2)$	10,864	$O(n \log n)$
5.000 Alterações	62,673		11,763	
10.000 Alterações	135,081		12,918	
15.000 Alterações	321,964		14,010	

Fonte: Autores

Como é possível observar na tabela 2, existe uma grande variação de tempo entre os casos que utilizam o algoritmo linear. Isso se deve ao fato de que as duas buscas utilizadas pelo algoritmo demandam maior tempo e custo computacional para execuções com um grande número de alterações no arquivo idf. Já para execução do algoritmo com a biblioteca Eppy, existe o custo inicial pela primeira

varredura do pelo arquivo, entretanto, as alterações não demandam um tempo significativo de execução como no algoritmo linear, já que a distribuição em módulos do arquivo idf faz com que o material Aglomerado seja encontrado sem o custo associado as duas buscas encadeadas.

#### 4. CONCLUSÕES

Através da análise do problema das otimizações nas propriedades em modelagens exportadas como idf, podemos entender a dificuldade de realizar múltiplas mudanças nestes arquivos sem o auxílio de algoritmos.

As duas soluções apresentadas no trabalho contribuem para realização desta tarefa. Entretanto, a discussão envolvendo a complexidade e o custo computacional entre elas é importante a medida em que o número de alterações necessárias para análise alcance um valor significativo.

A utilização da biblioteca Eppy apresentou resultados interessantes quando comparada a uma implementação sem um cuidado maior com estruturas de dados que facilitem a manipulação do arquivo. Seu bom desempenho em tempo para grandes entradas, apresenta a possibilidade de análises envolvendo múltiplas alterações nas mais variadas tipologias, permitindo ao projetista avaliar questões climáticas e de conforto com maior rapidez e desempenho.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORMEN, T. H., Growth of Functions. **Introduction to Algorithms**. MIT Press, 2009, Cap. 3, p. 44-52.

EPPY. **EPPY Documentation**. Santosh Philip, 08 jun. 2013. Acessado em 18 jul. 2016. Online. Disponível em: <http://pythonhosted.org/eppy/>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: desempenho térmico de edificações Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Desempenho de edifícios de até cinco pavimentos: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008.

BEN. **Balanço Energético Nacional 2015**. Governo Federal, Brasília, 15 jan. 2015. Acessado em 20 jul. 2016. Online. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/>