

O CONCEITO NZEB APLICADO A EDIFICAÇÃO COMERCIAL NA ZONA BIOCLIMÁTICA 2 – PELOTAS/RS

LENO PORTO DUTRA¹; ISABEL TOURINHO SALAMONI²; EDUARDO GRALA
DA CUNHA³

¹Universidade Federal de Pelotas – leno.dutra@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – isalamoni@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – eduardogralacunha@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

O Balanço Energético Nacional indica que os usos residencial, comercial e público de energia totalizam 42,8% do consumo energético no Brasil (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2017), enquanto na União Europeia, também se excluindo os prédios industriais, os edifícios consomem 40% da energia (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2010; COMISSÃO EUROPEIA, 2016). Pela expressiva representatividade desse uso em relação à demanda energética total, é imprescindível que estas sociedades visem à redução do consumo líquido de energia nos edifícios.

A Diretiva Desempenho Energético dos Edifícios da União Europeia (PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA, 2010) estabelece o conceito de nZEB como edifício com desempenho energético muito elevado, cujas necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas devem ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis, incluindo energia proveniente de fontes renováveis produzida no local ou nas proximidades.

Torcellini et al. (2006) classificaram as edificações ZEB em quatro tipos, pelos objetivos pretendidos:

- *Net Zero Site Energy* (nZEB-site): produz toda a energia que necessita, em base anual, totalizada no local do consumo.
- *Net Zero Source Energy* (nZEB-source ou nZEB-PE): produz toda a energia que necessita, em base anual, totalizada na fonte, o que implica o uso de fatores de conversão (*site-to-source energy conversion factors*) para obtenção dos valores equivalentes em energia primária utilizada para gerar e entregar a energia que o edifício necessita e também a que ele injeta na rede pública.
- *Net Zero Energy Costs* (nZEB-cost): produz resultado financeiro anual positivo entre a energia produzida no edifício e injetada na rede pública e a energia suprida por esta, considerados todos os custos associados, como tarifas de demanda, impostos, taxas, etc..
- *Net Zero Energy Emissions* (nZEB-emission): produz energia renovável considerada não-emissora de poluentes em quantidade igual ou superior à consumida de fontes consideradas emissoras, em base anual.

Os padrões de referência para o desempenho energético de nZEB situam-se em faixas de acordo com a zona climática¹, conforme Tabela 1.

¹ As zonas climáticas europeias são relacionadas na Recomendação 2016/1318 (COMISSÃO EUROPEIA, 2016) como cinco grupos de cidades com semelhanças em radiação global, graus-dias para resfriamento e aquecimento, além do potencial de resfriamento por ventilação noturna.

Tabela 1 – Metas de energia primária por zona climática na Europa

Zona	Cidades	Consumo total	Energia (kWh/(m ² .ano))		Consumo líquido
			Fontes renováveis locais	Consumo líquido	
Mediterrâneo	Catânia, Atenas, Larnaca, Luga, Sevilha, Palermo	80-90	60	20-30	
Oceânica	Paris, Amsterdam, Berlim, Bruxelas, Copenhague, Dublin, Londres, Macon, Nancy, Praga, Varsóvia	85-100	45	40-55	
Continental	Budapeste, Bratislava, Liubliana, Milão, Viena	85-100	45	40-55	
Nórdica	Estocolmo, Helsinque, Riga, Gdansk, Tovarene	85-100	30	55-70	

Fonte: autores, com dados de COMISSÃO EUROPEIA (2016, pp. 54-55)

É nesse contexto que o presente trabalho foi desenvolvido, com objetivo de avaliar as condições e a viabilidade técnica para aplicação de metas normativas europeias para uso de energia em uma edificação brasileira situada na zona bioclimática nº 2 (ZB2)². Esse estudo se desenvolve por meio de simulações computacionais. Estas foram realizadas com um dos oito modelos referenciais adotados por DIDONÉ (2014), que representam as edificações comerciais típicas brasileiras. A forma de geração local escolhida foi a conversão fotovoltaica (FV), pela farta disponibilidade da fonte energética no Brasil e pelas possibilidades de integração do sistema FV ao edifício.

2. METODOLOGIA

O trabalho utiliza a simulação computacional no software *EnergyPlus*TM como estratégia avaliativa. O método foi dividido em quatro etapas. Na primeira foi realizada uma revisão de literatura. Na segunda, o modelo escolhido para o piloto foi adaptado e reproduzido no software *SketchUp*[©] com o plugin *Euclid*[©]. Na terceira etapa foram feitas as configurações das simulações computacionais, incluindo os parâmetros do sistema solar fotovoltaico. Na quarta etapa foram realizadas as simulações e analisados os resultados obtidos.

Para este artigo, apenas objetivos nZEB-PE foram verificados. O fator de conversão *site-to-source* adotado foi de 1,6 (RUPP; LAMBERTS, 2017, p. 2). Sempre que os resultados apontaram que as metas não foram atingidas, o sistema fotovoltaico foi incrementado³, de forma iterativa, até que o consumo líquido resultasse dentro das faixas estabelecidas.

O método Sandia foi utilizado para o desempenho dos módulos FV e o método *Simple* para os inversores.

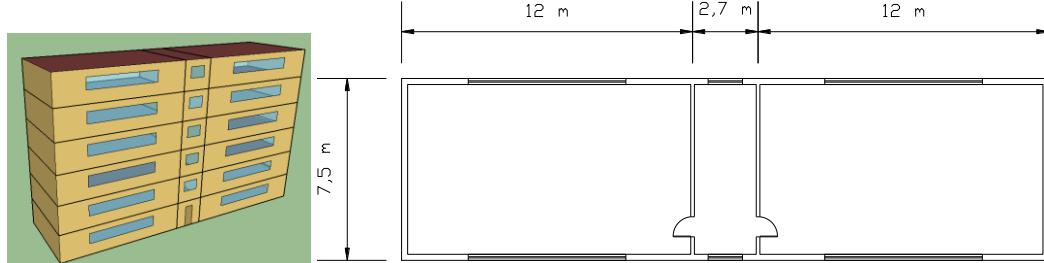
2.1 Modelagem da edificação

O modelo em estudo é o T4 de DIDONÉ (2014) e representa um dos edifícios comerciais típicos no Brasil. O prédio tem 6 pavimentos com área de planta total de 1201,5 m². A altura de piso a teto de cada pavimento é de 2,7 m e o percentual de aberturas das fachadas norte e sul é de 20%. A Figura 1 ilustra o edifício analisado e a planta básica do seu pavimento tipo.

² As zonas bioclimáticas brasileiras são definidas na NBR 15220 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005b) como grupos de cidades com características relativamente homogêneas quanto ao clima, a fim de estabelecer estratégias comuns para otimizar o desempenho térmico das edificações. A ZB2 é composta por 33 cidades localizadas nas regiões Sul e Sudeste, e se caracteriza principalmente pelos extremos climáticos no inverno e no verão.

³ Iniciando-se pela ocupação do telhado. Sendo necessário, avançaria pela superfície opaca da fachada norte. Isso não ocorreu, conforme demonstrado no item 3.

Figura 1 – Modelo utilizado nas simulações



Fonte: adaptado de DIDONÉ (2014, p. 45)

2.2 Principais parâmetros para simulação

A Tabela 2 mostra os parâmetros mais relevantes inseridos nos campos do *EnergyPlus*.

Tabela 2 – Principais parâmetros utilizados

Fechamentos opacos					
	Material	Espessura (m)	U W/(m ² .K)	CT (kJ/m ² K)	
Paredes externas e internas	Argamassa reboco	0,02	2,33	138	
	Tijolo furado	0,02931 ⁴			
	Argamassa reboco	0,02			
Cobertura	Telha cerâmica	0,02	ver nota ⁵	ver nota ⁶	
	Ar	> 0,05			
	Concreto	0,15			
Fechamentos transparentes					
Janelas	Material	Espessura (m)	Resistência Térmica (m ² .K/W)		
	Vidro claro	0,003			
	Ar	0,12	0,15		
	Vidro claro	0,003			
Uso e ocupação (salas de escritórios)					
Dias			Segunda a sexta		
Horários			8h – 18h		
Densidade			14 pessoas/100 m ²		
Carga térmica	Humana	130 W/pessoa			
	Equipamentos	10,7 W/m ²			
Iluminação					
Densidade de potência	9,7 W/m ²				
Ar condicionado (salas de escritórios)					
Temperatura máxima para aquecimento			21°C		
Temperatura mínima para resfriamento			26°C		
COP aquecimento/resfriamento			3,24 W/W		
Sistema solar fotovoltaico					
Fabricante/modelo dos módulos			BP Solar/SX3200		
Potência nominal STC dos módulos			200 Wp		
Dimensões de cada módulo			1 m x 1,41 m		

Fonte: autores, com dados de ABNT (2005, 2008), ELETROBRÁS (2017), BERKELEY LAB (2018) e NREL (2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A simulação resultou nos valores relacionados na Tabela 3, convertidos para energia primária.

⁴ Espessura homogênea equivalente.

⁵ Como a cobertura é composta por materiais homogêneos, seus valores individuais foram utilizados, conforme a NBR 15220.

⁶ Idem.

Tabela 3 – Resultados da simulação

Caso	Consumo total kWh/(m ² .ano)	Geração FV kWh/(m ² .ano)	Consumo líquido kWh/(m ² .ano)
Base	83,52	-	83,52
nZEB-PE	83,52	39,15	44,37

Tais resultados demonstram, preliminarmente, que os objetivos europeus de consumo total (bruto) são facilmente alcançados na zona bioclimática brasileira utilizada nesta pesquisa. Sem nenhum esforço de projeto, o caso-base atingiu as metas de consumo total para todas as zonas climáticas da Europa. Ao não produzir energia para seu consumo, porém, este modelo não consegue atingir metas de consumo líquido de nenhuma daquelas regiões. Isso referenda a necessidade da geração com fontes renováveis no próprio local.

Para atingir a meta das zonas Oceânica e Continental (40-55 kWh/(m².ano)), foi necessário dotar o edifício de geração FV no valor de 26,4 kWp, equivalente a 132 módulos do tipo selecionado, ou 186,12 m² da cobertura.

O método empregado neste projeto piloto foi simplificado em alguns aspectos, segundo a precisão esperada para os resultados preliminares. O acoplamento térmico dos módulos FV à envoltória do edifício é um deles. Outro é a inclinação e o desvio azimutal dos arranjos. Também foi desconsiderada qualquer possibilidade de sombreamento. Tais características deverão ser melhor exploradas na pesquisa mais ampla.

4. CONCLUSÕES

Este resumo expandido demonstrou a pertinência do tema para uma pesquisa mais ampla que vise a dissertação de mestrado. A amostra com um tipo de prédio, em uma zona bioclimática e um tipo de objetivos nZEB aponta para aplicabilidade de metas de baixo consumo no Brasil. Desperta, dessa forma, um conjunto de problemas de pesquisa a serem tratados com a abrangência e a profundidade necessárias.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 15220**: desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 16401**: instalações de ar-condicionado - sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro, 2008.
- BERKELEY LAB. WINDOW v7.5.15.0 database v59.0, 2018.
- COMISSÃO EUROPEIA. RECOMENDAÇÃO (UE) 2016/1318 DA COMISSÃO. Bruxelas. Jornal Oficial da Comissão Europeia, 2016.
- DIDONÉ, E. L. **Parametric study for net zero energy building strategies in Brazil considering semi-transparent PV windows**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia). Karlsruhe Institute of Technology.
- ELETROBRÁS. **Manual RTQ-C**. Rio de Janeiro, 2017.
- EPE. **BEN 2017** - Balanço Energético Nacional.
- NREL. Sandia PV module database - library editor of SAM, 2017.
- PARLAMENTO EUROPEU; CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Directiva 2010/31/UE. **Jornal Oficial da União Europeia**. Strasbourg, France, 2010.
- RUPP, R. F.; LAMBERTS, R. **Relatório: Fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária e em emissões de dióxido de carbono a serem usados na etiquetagem de nível de eficiência energética de edificações**. Florianópolis, 2017.
- TORCELLINI, P. et al. Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. **ACEEE Summer Study**. Pacific Grove, 2006.