



UNIVERSIDADE FEDERAL  
DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



# CB3E

centro brasileiro de eficiência  
energética em edificações

[cb3e.ufsc.br](http://cb3e.ufsc.br)

## Aplicação de métodos para a avaliação do nível de eficiência energética de um edifício exemplo

**Gustavo Daou Palladini**  
**Ana Paula Melo**  
**Márcio José Sorgato**  
**Rogério Versage**  
**Roberto Lamberts**

Florianópolis, novembro de 2014



## 1. Introdução

Este relatório tem o objetivo de realizar uma comparação entre o método de aplicação dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), em vigor, com um novo método que está em fase de desenvolvimento: o método por zoneamento da edificação.

## 2. Métodos

A edificação escolhida como objeto deste estudo foi o Edifício Modelo, desenvolvido pelo Núcleo Comercial do Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E). Como ferramentas de trabalho foram utilizadas as bibliografias disponíveis no site do CB3E, e para os dados de projeto foram utilizados os softwares AutoCAD e SketchUp e, ainda o Microsoft Excel como planilha eletrônica para computação dos dados.

### 2.1. Edifício Exemplo

O edifício exemplo é um arquivo disponibilizado no site do CB3E que visa facilitar a compreensão do procedimento de obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, demonstrando a análise dos pré-requisitos e cálculos de consumo energético. A perspectiva do edifício adotado pode ser visualizada na Figura 01.

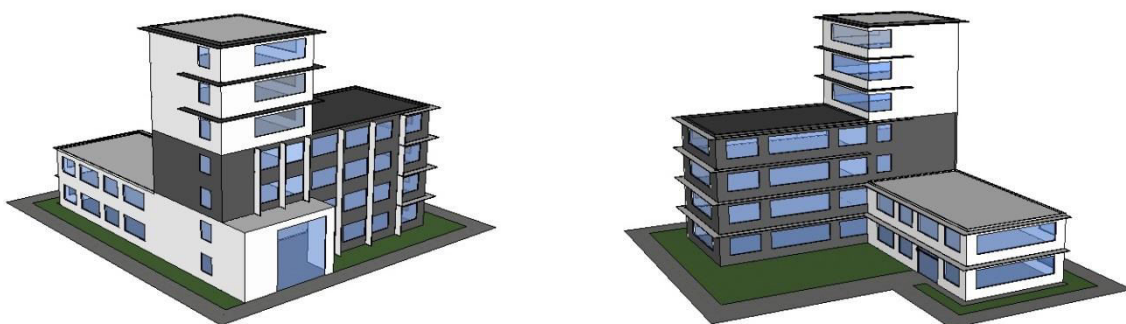


Figura 01 – Perspectivas do Edifício Modelo.

### 2.2. Comparação entre os métodos

Visando determinar qual dos métodos citados (método em vigor ou proposta do método por zoneamento da edificação) requer maior demanda de tempo e/ou possui maior dificuldade para o levantamento dos dados, foram selecionadas vinte horas de

trabalho de uma semana, sendo que cada um dos métodos receberia dez horas de dedicação para obtenção da etiqueta parcial de envoltória.

Para o gerenciamento da utilização das vinte horas de trabalho, utilizou-se a técnica do Pomodoro<sup>1</sup>. Esta técnica determina que a cada trinta minutos de trabalho, vinte e cinco são reservados a trabalho efetivo e os outros cinco para descanso.

Das vinte horas totais, o tempo contabilizado para buscas em bibliografia, esclarecimento de dúvidas e intervalos não foi contabilizado, restringindo-o exclusivamente ao trabalho efetivo de aplicação dos métodos.

Nas primeiras dez horas, aplicou-se o RTQ-C em vigor. As fontes bibliográficas utilizadas foram o RTQ-C, o Edifício Modelo e o Manual-C. Como ferramenta de auxílio utilizou-se a planilha Excel de cálculo desenvolvida pelo Núcleo Comercial; e o programa AutoCAD para os cálculos das áreas da planta baixa, cobertura, fachada e aberturas da edificação em estudo.

Nas dez horas reservadas para a aplicação do novo método, as ferramentas utilizadas são o *AutoCAD*, para divisão de zonas e cálculo das áreas, e o programa *Excel* para inserção dos dados encontrados.

A ideia do novo método é dividir a planta dos pavimentos em zonas distantes a 4,5 metros de distância das paredes da edificação e analisar a influência do exterior nestas zonas.

Os parâmetros que foram medidos e avaliados nos dois métodos em questão são praticamente os mesmos: área da planta baixa de cada zona, área de fachada e abertura, definições das propriedades dos materiais utilizados nas paredes e cobertura, fator solar do vidro, altura do pé direito, ângulo de sombreamento horizontal e vertical. Os únicos parâmetros que diferem do método atual são: orientação solar, carga térmica e localização da zona em questão (que considera se a zona analisada está em contato com o solo, se é cobertura ou se é uma zona interna).

---

<sup>1</sup> A Técnica Pomodoro é um método de gerenciamento de tempo desenvolvido por Francesco Cirillo no final do ano de 1980. A técnica utiliza um cronômetro para dividir o trabalho em períodos de 25 minutos chamados de 'pomodoros'.

### 3. Resultados

Após as vinte horas de trabalho, obteve-se um balanço das dificuldades de aplicação de ambos os métodos, do tempo para aplicação destes métodos, dos objetivos alcançados e da necessidade de detalhamento.

#### 3.1. RTQ-C em vigor

O tempo de aplicação efetiva para este método foi de 5 horas. A distribuição do total de horas pode ser observada na Figura 02. Observa-se que metade das horas foi utilizada para o cálculo dos ângulos de sombreamento do Edifício Modelo, e os outros 50% para os cálculos dos outros parâmetros. A memória de cálculo pode ser encontrada no Apêndice A.

Segundo o método atual do RTQ-C, o Edifício Modelo obteve o nível C de classificação para a envoltória.

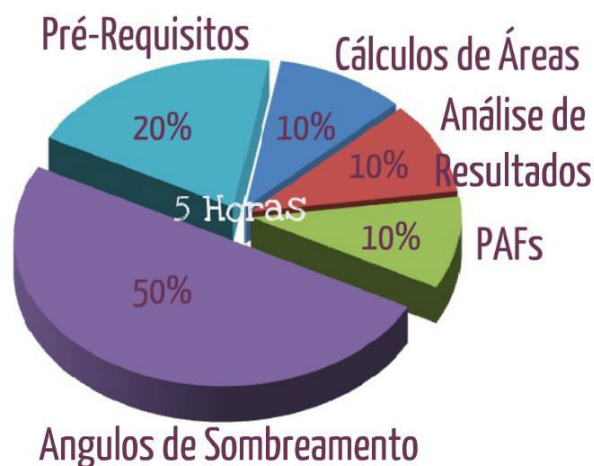


Figura 02 – Distribuição de tempo de aplicação do método em vigor

#### 3.2. Novo método

A aplicação do zoneamento do Edifício Modelo pode ser observada na Figura 03. Os cálculos dos parâmetros que são levados em consideração neste método estão presentes na planilha no Apêndice B.

Observou-se que o tempo de aplicação deste método foi de 5 horas também. Através da Figura 04 pode-se observar que o parâmetro “Ângulos de Sombreamento” foi novamente o que mais precisou de tempo nos cálculos.

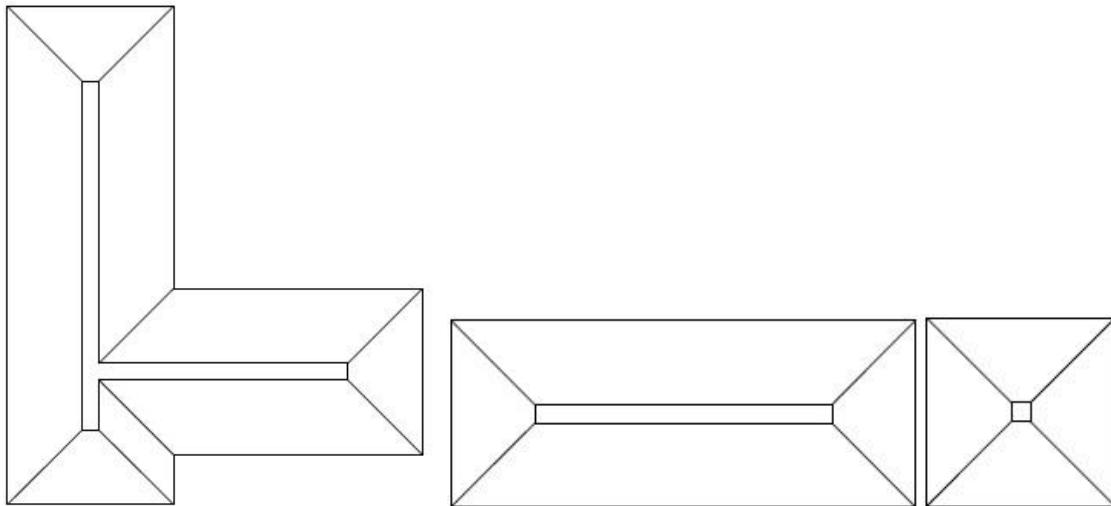


Figura 03 – Divisões por zonas feitas no edifício modelo.

Pode-se notar que há um pouco de discrepância do tempo de cálculo de áreas, onde no método em vigor, levou-se 10% do tempo, enquanto no proposto 30%. Isso se dá, pois na aplicação do primeiro método, é necessário apenas calcular as áreas de fachada e descontar das janelas da fachada inteira, enquanto no segundo isso é feito zona a zona, multiplicando o trabalho para esse parâmetro.

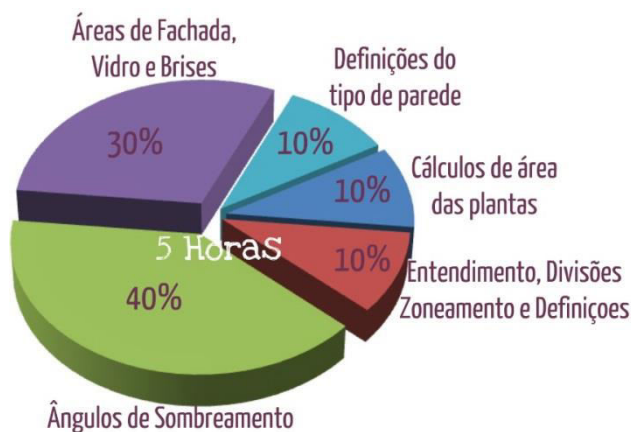


Figura 04 – Distribuição de tempo de aplicação do método em vigor

#### 4. Conclusão

Conclui-se que tanto um quanto o outro método possuem praticamente o mesmo nível de dificuldade no que se refere aos parâmetros citados acima.

O tempo de trabalho efetivo foi de cinco horas em cada um dos métodos. Os parâmetros que mais apresentaram dificuldades foram os ângulos de sombreamento,

tanto vertical como horizontal, tomando 50% de tempo no primeiro método e 40% no segundo. A necessidade de especialização também não se difere.

Pode-se concluir que, ambos os métodos são acessíveis tanto para um leigo quanto para alguém com especialização e experiência na área, não diferindo na sua dificuldade final de aplicação.

## **Anexos**

Link do Edifício Modelo utilizado para os cálculos do RTQ-C com cálculos:

[http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Edificio\\_Exemplo\\_2.zip](http://cb3e.ufsc.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Edificio_Exemplo_2.zip)

## APÊNDICE A - Dados obtidos após a aplicação do método em vigor no RTQ-C

Tabela I - Cálculos referentes aos parâmetros pelo método de Zoneamento

Zona Bioclimática		ZB3	
<b>Pré - Requisitos Específicos</b>	<b>U<sub>cob</sub> - AC</b>	W/m <sup>2</sup> K	1,78
	<b>U<sub>cob</sub> - ANC</b>	W/m <sup>2</sup> K	0,00
	<b>CT<sub>par</sub></b>	kJ/m <sup>2</sup> K	0,00
	<b>U<sub>par</sub></b>	W/m <sup>2</sup> K	2,74
	<b>α<sub>cob</sub></b>	Adimensional	0,57
	<b>α<sub>par</sub></b>	Adimensional	0,60
	<b>PAZ</b>	%	0,00
	<b>FS</b>	Adimensional	0,70
<b>Dimensões da Edificação</b>	<b>Atot</b>	m <sup>2</sup>	1700,00
	<b>Apcob</b>	m <sup>2</sup>	450,00
	<b>Ape</b>	m <sup>2</sup>	242,86
	<b>Aenv</b>	m <sup>2</sup>	1892,43
	<b>Vtot</b>	m <sup>3</sup>	5100,00
	<b>PAFt</b>	%	34,05%
	<b>PAFo</b>	%	35,48%
	<b>AVS</b>	Graus	14,01
	<b>AHS</b>	Graus	17,44
	<b>FF</b>	Adimensional	0,37
<b>FA</b>	Adimensional	0,26	
<b>Resultados</b>	IC - ZB3	290,83	
	IcmaxD - ZB3	298,85	
	Icmin - ZB3	288,28	
	i	2,64	
	Limites A	290,92	
	Limites B	290,93	293,57
	Limites C	293,58	296,21
	Limites D	296,22	298,85
	Limites E	298,86	
	<b>CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA</b>	<b>A</b>	
	<b>CLASSIFICAÇÃO COM OS PRÉ REQUISITOS</b>	<b>C</b>	
	<b>EqNumEnv</b>	<b>3</b>	



## APENDICE B – Dados obtidos após a aplicação da proposta do novo método por zoneamento.

Tabela II - Cálculos referentes aos parâmetros pelo método de zoneamento

Bloco em L Primeiro andar	Orientação	Situação	Area Planta	Pé Direito	Fachada	vidro	Brise	Fachada final	AVS	AHSe	AHSd	Cor Parede	Transmitância (U)	Absortância	Fator solar do Vidro
1	Oeste	Ground	24,75	3,00	29,75	9,90	0,50	29,25	20,00	0,00	0,00	Cinza	2,74	0,80	0,70
2	Sul	Ground	67,50	3,00	44,63	29,70	0,75	43,88	26,00	0,00	28,00	Cinza	2,74	0,80	0,70
3	Oeste	Ground	76,50	3,00	52,49	20,95	0,85	51,64	26,00	32,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
4	Sul	Ground	24,75	3,00	31,00	13,20	0,50	30,50	20,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
5	Leste	Ground	114,75	3,00	91,70	24,55	0,00	91,70	3,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
6	Norte	Ground/outdoor	24,75	6,00	60,00	30,53	0,00	60,00	0,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
7	Oeste	Ground	13,50	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
8	Norte	Ground	67,50	3,00	45,00	19,47	0,25	44,76	20,00	24,75	13,00	Branco	2,74	0,40	0,70
Core		Ground	36,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	---	---

Bloco em L Segundo andar	Orientação	Situação	Area Planta	Pé Direito	Fachada	vidro	Brise	Fachada final	AVS	AHSe	AHSd	Cor Parede	Transmitância (U)	Absortância	Fator solar do Vidro
1	Oeste	Adiabático	24,75	3,00	29,75	9,90	0,50	29,25	20,00	0,00	0,00	Cinza	2,74	0,80	0,70
2	Sul	Adiabático	67,50	3,00	44,63	29,70	0,75	43,88	26,00	0,00	28,00	Cinza	2,74	0,80	0,70
3	Oeste	Outdoor/Adiabático	76,50	3,00	52,49	18,15	0,85	51,64	26,00	32,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
4	Sul	Outdoor	24,75	3,00	31,00	13,20	0,50	30,50	20,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
5	Leste	Outdoor/Adiabático	114,75	3,00	91,70	24,55	0,00	91,70	4,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
6	<b>Já computado</b>								0,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
7	Oeste	Outdoor/Adiabático	13,50	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
8	Norte	Adiabático	67,50	3,00	45,00	19,47	0,25	44,76	20,00	24,75	13,00	Branco	2,74	0,40	0,70
Core		Outdoor/Adiabático	36,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	---	---

Bloco Retangular Terceiro Andar	Orientação	Situação	Area Planta	Pé Direito	Fachada	vidro	Brise	Fachada final	AVS	AHSe	AHSd	Cor Parede	Transmitancia (U)	Absortancia	Fator solar do Vidro
1	Oeste	Adiabático	24,75	3,00	30,00	9,90	0,50	29,50	20,00	0,00	0,00	Cinza	2,74	0,80	0,70
2	Sul	Adiabático	92,25	3,00	73,00	22,22	0,98	72,03	19,00	0,00	0,00	Cinza	2,74	0,80	0,70
3	Leste	Adiabático	24,75	3,00	31,13	2,48	0,00	31,13	5,00	0,00	0,00	Cinza	2,74	0,80	0,70
4	Norte	Adiabático	92,25	3,00	75,00	28,25	1,10	73,90	20,00	13,50	14,00	Cinza	2,74	0,80	0,70
Core			16,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	---	---

Bloco Retangular Quarto Andar	Orientação	Situação	Area Planta	Pé Direito	Fachada	vidro	Brise	Fachada final	AVS	AHSe	AHSd	Cor Parede	Transmitancia (U)	Absortancia	Fator solar do Vidro
1	Oeste	Outdoor	24,75	3,00	30,00	9,90	0,50	29,50	20,00	0,00	0,00	Cinza	2,74	0,80	0,70
2	Sul	Adiabático/Outdoor	92,25	3,00	76,00	22,22	0,98	75,03	9,00	0,00	0,00	Cinza	2,74	0,80	0,70
3	Leste	Adiabático	24,75	3,00	31,13	2,48	0,00	31,13	8,00	0,00	0,00	Cinza	2,74	0,80	0,70
4	Norte	Adiabático/Outdoor	92,25	3,00	78,00	28,25	1,10	76,90	20,00	13,50	14,00	Cinza	2,74	0,80	0,70
Core		Adiabático/Outdoor	16,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	---	---

Bloco Quadrado Quinto Andar	Orientação	Situação	Area Planta	Pé Direito	Fachada	vidro	Brise	Fachada final	AVS	AHSe	AHSd	Cor Parede	Transmitancia (U)	Absortancia	Fator solar do Vidro
1	Oeste	Adiabático	24,75	3,00	30,00	13,16	0,50	29,50	20,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
2	Sul	Adiabático	24,75	3,00	30,00	4,13	0,23	29,78	19,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
3	Leste	Adiabático	24,75	3,00	30,00	2,48	0,25	29,75	20,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
4	Norte	Adiabático	24,75	3,00	30,00	9,08	0,50	29,50	20,00	15,50	15,50	Branco	2,74	0,40	0,70
Core		Adiabático	1,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	---	---

Bloco Quadrado Sexto Andar	Orientação	Situação	Area Planta	Pé Direito	Fachada	vidro	Brise	Fachada final	AVS	AHSe	AHSd	Cor Parede	Transmit ancia (U)	Absort ancia	Fator solar do Vidro
1	Oeste	Adiabático	24,75	3,00	30,00	13,16	0,50	29,50	20,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
2	Sul	Adiabático	24,75	3,00	30,00	4,13	0,23	29,78	19,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
3	Leste	Adiabático	24,75	3,00	30,00	2,48	0,25	29,75	20,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
4	Norte	Adiabático	24,75	3,00	30,00	9,08	0,50	29,50	20,00	15,50	15,50	Branco	2,74	0,40	0,70
Core		Adiabático	1,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	---	---

Bloco Quadrado Sétimo Andar	Orientação	Situação	Area Planta	Pé Direito	Fachada	vidro	Brise	Fachada final	AVS	AHSe	AHSd	Cor Parede	Transmit ancia (U)	Absort ancia	Fator solar do Vidro
1	Oeste	Outdoor	24,75	3,00	32,04	13,16	0,50	31,54	20,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
2	Sul	Outdoor	24,75	3,00	32,04	4,13	0,23	31,82	20,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
3	Leste	Outdoor	24,75	3,00	32,04	2,48	0,25	31,79	20,00	0,00	0,00	Branco	2,74	0,40	0,70
4	Norte	Outdoor	24,75	3,00	32,04	9,08	0,50	31,54	20,00	15,50	15,50	Branco	2,74	0,40	0,70
Core		Outdoor	1,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	---	---	---	---