



EXEMPLO DE APLICAÇÃO

NOVO MÉTODO SIMPLIFICADO PARA A AVALIAÇÃO
DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA,
Edificações Comerciais, Públicas e de Serviços

CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

NOVO MÉTODO - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Visando facilitar a compreensão dos novos procedimentos para a definição da Classe de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, este documento apresenta uma edificação modelo na qual aplicou-se um passo-a-passo considerando todos os sistemas de avaliação presentes no novo método simplificado (envoltória, iluminação, condicionamento de ar e aquecimento de água).

Foram considerados também os procedimentos para a verificação da geração local de energia, uso racional de água e emissões de CO₂ (sendo estes dois últimos apenas informativos).



INMETRO PBE Edifica
Eficiência Energética Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

Edificação: XXXXX XXXXX
Endereço: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
Cidade/UF: XXXXXXX
Pavão/ETC: XXXXX
Módulo de Projeto: XXXXXXX
Data de ENCE de projeto: XXXXXXX

ENCE PROJETO ENCE EDIFICAÇÃO CONSTRUÍDA

Classe de Eficiência Energética: A

Índice Eficiente: A

Consumo Anual de Gás: XXX m³/ano
Consumo Anual de Energia Elétrica: XXX.XXX kWh/ano
Consumo de Energia Primária Edificação: XXX.XXX kWh/ano

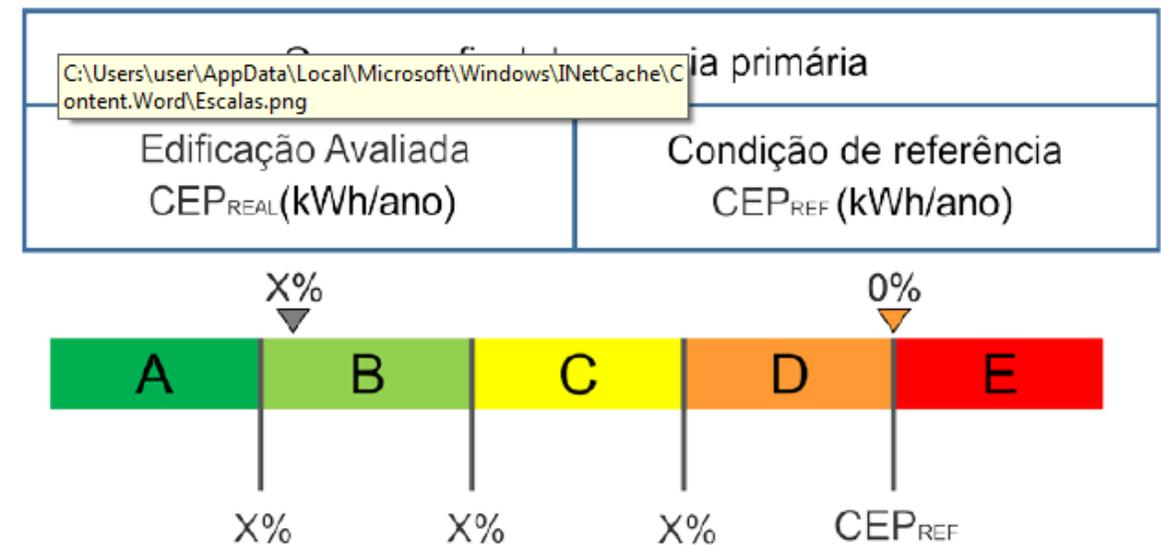
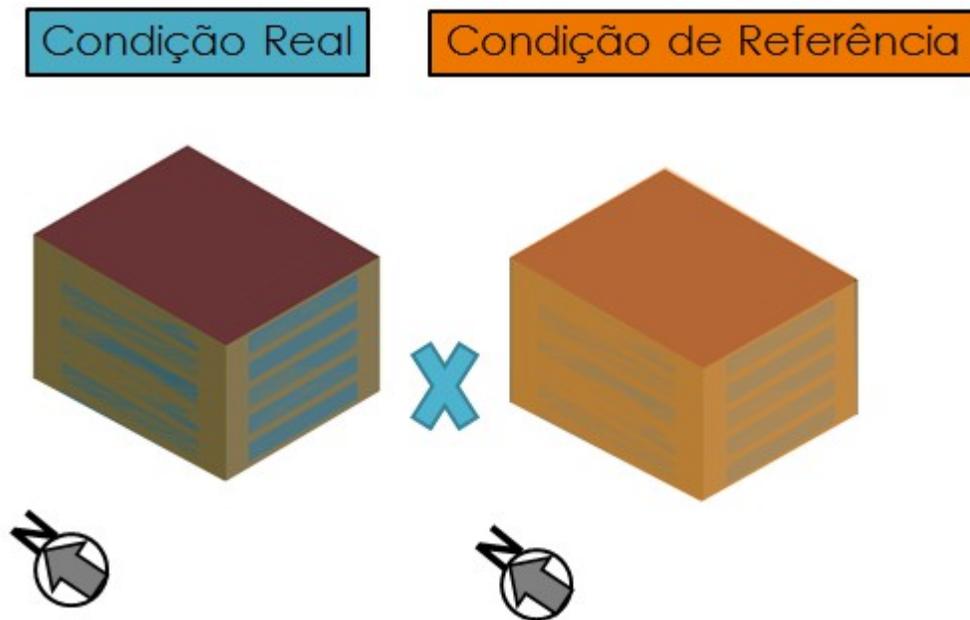
Classificação da Edificação: Edificação Completa: A

Observações: 1. A classe de projeto tem validade de 3 anos ou até ser emitida a etiqueta de eficiência construída.
2. Para verificar a validade de etiquetas e páginas informativas do INMETRO, visite www.inmetro.com.br.



CONCEITO DA AVALIAÇÃO POR CONSUMO DE ENERGIA PRIMÁRIA

Figura 2: Escala para definição da eficiência da edificação



AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE DO MÉTODO SIMPLIFICADO

O método simplificado é aplicável apenas nas edificações que apresentam parâmetros construtivos com valores compreendidos entre os intervalos utilizados na proposição do método, conforme a tabela abaixo.

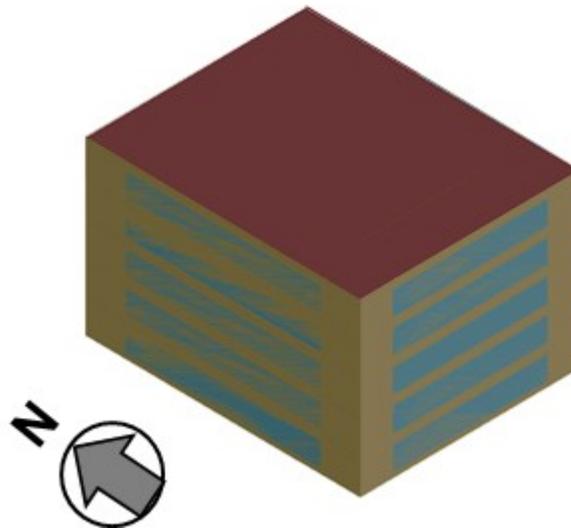
Parâmetro	Valor mínimo	Valor máximo
Densidade de Potência - equipamentos (DPE)	4 W/m ²	40 W/m ²
Densidade de Potência - iluminação (DPI)	4 W/m ²	40 W/m ²
Fator solar do vidro (FS)	0,21	0,87
Transmitância térmica do vidro (Uvid)	1,9 W/m ²	5,7 W/m ²
Absortância da cobertura(α)	0,2	0,8
Absortância da parede (α)	0,2	0,8
Pé-direito (Pd)	2,6 m	6,6 m
Percentual de abertura da fachada (PAF)	0%	80%
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0°	80°
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0°	90°
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0°	80°
Contato com o solo	Sem contato (ex.: sobre pilotis ou em balanço)	Em contato
Transmitância da cobertura (Ucob)	0,51 W/m ² K	5,07 W/m ² K
Transmitância da parede (Upar)	0,50 W/m ² K	4,40 W/m ² K
Capacidade Térmica da cobertura (CTcob)	0,22 kJ/m ² K	450 kJ/m ² K
Capacidade Térmica da parede (CTpar)	0,22 kJ/m ² K	450 kJ/m ² K
Piso com isolamento	Não, se isolamento < 5mm	Sim, se o isolamento > 5mm

A EDIFICAÇÃO EXEMPLO:

A edificação exemplo é de uso comercial, abrigando salas de **escritórios**.

Sua geometria é retangular e composta por **5 pavimentos**. Suas fachadas são voltadas para as 4 orientações principais (N, S, L e O), e a edificação não possui abertura zenital.

Ela será testada nas cidades de **São Paulo - SP (Grupo Climático – GCL: 1b)**, **Belém – PA (GCL: 17)** e **Brasília – DF (GCL: 10)**.



A EDIFICAÇÃO EXEMPLO:

Sistema de iluminação:

- Iluminação com lâmpadas fluorescentes T5 sem aproveitamento da luz natural. Potência instalada total de 24250W.

Sistema de condicionamento de ar:

- Edifício completamente condicionado que utiliza equipamentos do tipo *split*.

Sistema de aquecimento de água:

- Não representativo para a tipologia.

Ventilação Natural:

- Na edificação não foi considerada a contribuição da ventilação natural.

Geração local de energia elétrica:

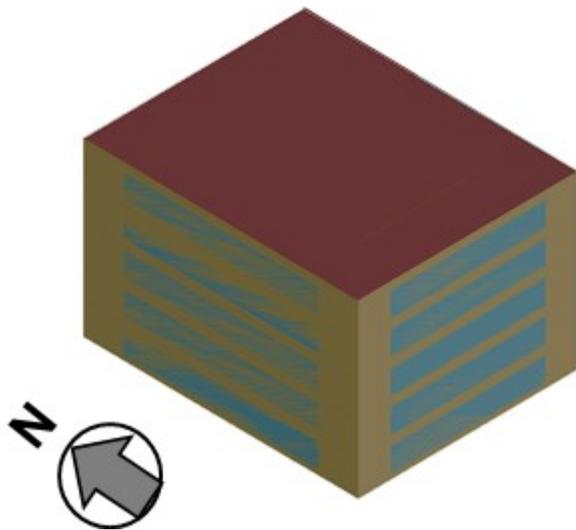
- Geração de energia elétrica fotovoltaica em toda a cobertura do edifício.

Uso racional da água:

- Cada pavimento possui um banheiro masculino e um feminino. O banheiro masculino possui 2 vasos sanitários e 1 mictório, e o feminino 3 vasos sanitários. Ambos possuem 3 pias. Os vasos são dotados de controlador de vazão e as torneiras de arejadores.
- A edificação possui sistema para aproveitamento de água de chuva equivalente a 20% da demanda.

A EDIFICAÇÃO EXEMPLO:

Verificação da viabilidade de aplicação do método simplificado:

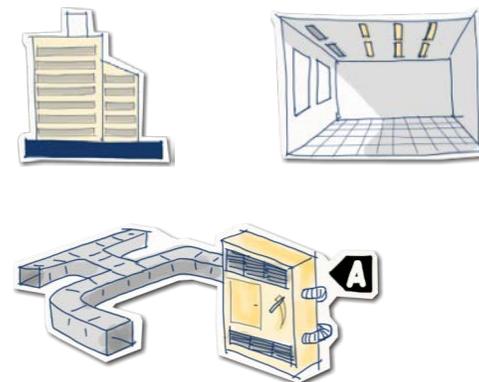


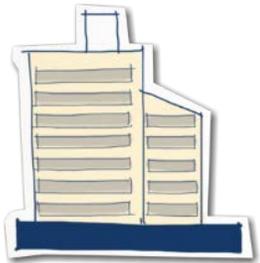
Parâmetro	Intervalo de aplicação	Dados Edif, Exemplo	Método Simplificado é aplicável?
Densidade de Potência - equipamentos (DPE)	4 - 40 W/m ²	9,7 W/m ²	Sim
Densidade de Potência - iluminação (DPI)	4 - 40 W/m ²	9,6 W/m ²	Sim
Fator solar do vidro (FS)	0,21 - 0,87	0,29	Sim
Transmitância térmica do vidro (Uvid)	1,9 - 5,7 W/m ²	5,7 W/m ²	Sim
Absortância da cobertura (α)	0,2 - 0,8	0,3	Sim
Absortância da parede (α)	0,2 - 0,8	0,3	Sim
Pé-direito (Pd)	2,6 - 6,6 m	3,00 m	Sim
Percentual de abertura da fachada (PAF)	0 - 80%	50%	Sim
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0 - 80°	0°	Sim
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0 - 90°	0°	Sim
Ângulo de obstrução vizinha (AOV)	0 - 80°	0°	Sim
Contato com o solo	Sem ou Em contato	Sem e Com	Sim
Transmitância da cobertura (Ucob)	0,51 - 5,07 W/m ² K	2,06 W/m ² K	Sim
Transmitância da parede (Upar)	0,50 - 4,40 W/m ² K	2,46 W/m ² K	Sim
Capacidade Térmica da cobertura (CTcob)	0,22 - 450 kJ/m ² K	220 kJ/m ² K	Sim
Capacidade Térmica da parede (CTpar)	0,22 - 450 kJ/m ² K	150 kJ/m ² K	Sim
Piso com isolamento	Não ou Sim	Não	Sim

Exemplo de Aplicação

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS SUBSISTEMAS DA EDIFICAÇÃO

- Envoltória
- Sistema de Iluminação
- Sistema de Condicionamento de Ar





Exemplo de Aplicação

ENVOLTÓRIA



CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

ENVOLTÓRIA – MÉTODO SIMPLIFICADO

AMBIENTES CONDICIONADOS:

- Obtenção dos dados através do projeto arquitetônico;
- Entradas: informações arquitetônicas das zonas térmicas;
- Saída: **Carga térmica integrada anual (kWh/ano)** para aquecimento e resfriamento.

Etapas da determinação da eficiência:

Primeiro passo: definição do uso dos espaços;

Segundo Passo: divisão da edificação em zonas térmicas e cálculo das áreas;

Terceiro passo: determinação dos parâmetros de entrada da edificação real por zona térmica;

Quarto passo: determinação da densidade de carga térmica para resfriamento;

Quinto passo: cálculo da carga térmica anual de resfriamento;

Sexto passo: determinação da eficiência da envoltória a partir da escala de carga térmica.

ENVOLTÓRIA

Primeiro passo: Definição do uso dos espaços

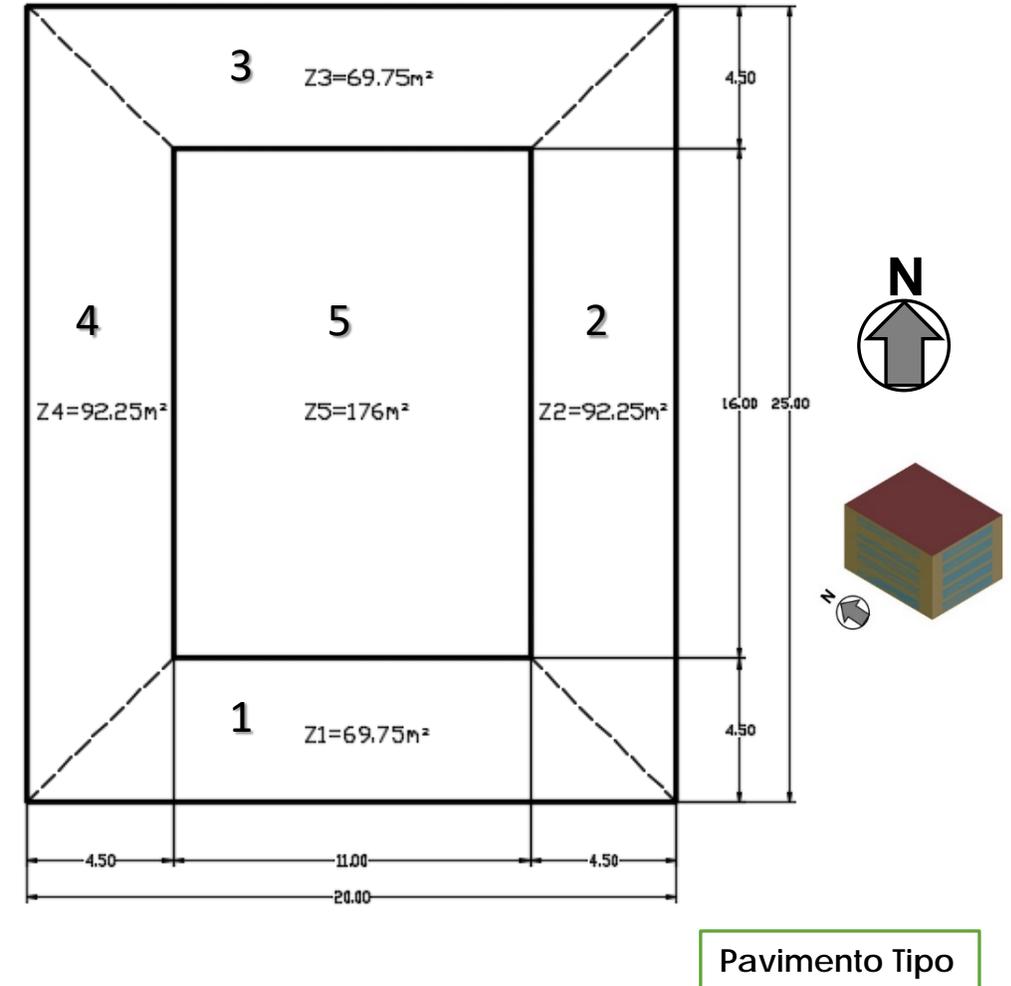
Espaços devem ser divididos pelo seu principal uso, de acordo com as atividades desenvolvidas na edificação, separando-se ainda as áreas condicionadas das áreas não condicionadas artificialmente.

Neste exemplo de aplicação, considerou-se que todos os pavimentos da edificação são condicionados.

Segundo Passo: Divisão das zonas térmicas

As zonas térmicas devem ser divididas de acordo com os parâmetros que as definem:

- As zonas térmicas deste exemplo de aplicação foram divididas conforme a Figura ao lado, com suas respectivas áreas;
- A edificação possui 5 pavimentos, todos tipos;
- Primeiro pavimento está em contato com o solo;
- Entre o 2º e o 4º pavimentos, o piso não possui contato com o solo e a cobertura não possui contato com o exterior;
- No 5º pavimento a cobertura possui contato com o exterior.



ENVOLTÓRIA

Terceiro passo: determinação dos parâmetros de entrada da edificação real por tipo de zona térmica

Os espaços devem ser divididos pelo seu principal uso. No caso da edificação exemplo o principal uso é o de escritório.

Para fins comparativos devem ser simuladas as cargas térmicas para resfriamento utilizando os parâmetros de entrada da edificação real (parâmetros com base nos valores observados em projeto) e da condição de referência (adotados conforme a tipologia e as tabelas 4 - 10 do texto do novo método de avaliação energética com base em energia primária de edificações comerciais, de serviços e públicas).

Os parâmetros fixos por tipologia *versus* a condição de referência para edificações de escritório do edifício exemplo estão descritos na tabela ao lado.

Tabela 4: Tipologia Escritório – Texto RTQ-C

Uso típico: Escritórios	Condição real	Condição de referência
Geometria		
Forma	condição real	Idem à condição real
Orientação solar (°)	condição real	Idem à condição real
Pé-direito (piso a piso) (m)	condição real	Idem à condição real
Aberturas		
PAF	condição real	50%
PAZ	condição real	0%
Componentes Construtivos		
Transmitância da parede externa (U _{par})	condição real	2,39W/M ² k
Absortância da parede (α _{PAR})	condição real	0,50
Capacidade térmica da parede (CT _{par})	condição real	150 kJ/m ² K
Transmitância da cobertura (U _{cob})	condição real	2,06W/m ² K
Absortância da cobertura (α _{COB})	condição real	0,80
Capacidade térmica da cobertura (CT _{cob})	condição real	233 kJ/m ² K
FS – Fator solar do vidro	condição real	0,82
U _{vid} - transmitância do vidro	condição real	5,7
AHS - ângulo horizontal de sombreamento (°)	condição real	0
AVS - ângulo vertical de sombreamento (°)	condição real	0
AOV - ângulo de obstrução vizinha (°)	condição real	0
Iluminação e ganhos		
DPI: Densidade de Potência - iluminação (W/m ²)	condição real*	14,10
Densidade de ocupação (m ² /pessoa)	10,00	10,00
DPE: Densidade de Potência - equipamentos (W/m ²)	9,70	9,70
Horas de ocupação	10 horas	10 horas
Dias de ocupação	260 dias/ano	260 dias/ano
Situação do piso	condição real	Idem à condição real
Situação da cobertura	condição real	Idem à condição real
Isolamento do piso	condição real	Sem isolamento = 0,0
Condicionamento de ar (Refrigeração)		
COP (W/W)	condição real	2,60
Temperatura Setpoint (°C)	24,0	24,0

ENVOLTÓRIA

Terceiro passo: determinação dos parâmetros de entrada da edificação real por tipo de zona térmica

De acordo com as características provenientes da edificação exemplo, apresentadas anteriormente, os dados da condição real e de referência para a simulação serão:

Características construtivas:

Parede Externa	Argamassa interna 2,5cm + Bloco Cerâmico 9x14x24 cm + Argamassa externa 2,5 cm U=2,46W/m²k e CT = 150 kJ/m²k
Cobertura	Laje Maciça 10 cm + Telha Fibrocimento U=2,06W/m²K e CT = 220 kJ/m²K
Janela	vidro laminado com incolor 8 mm FS=0,29 e Uvidro=5,7W/m²K
Parede Interna	Parede interna de baixa inércia térmica

Uso típico: Escritórios	Condição real	Condição de referência
Geometria		
Forma	retangular	
Orientação solar (°)	0°	
Pé-direito (piso a piso) (m)	2,8m	
Aberturas		
PAF	50%	50%
PAZ	0%	0%
Componentes Construtivos		
Transmitância da parede externa (U)	2,46W/m ² K	2,39W/m ² K
Absortância da parede (α)	0,30	0,50
Capacidade térmica da parede (CTpar)	150 kJ/m ² K	150 kJ/m ² K
Transmitância da cobertura (U)	2,06W/m ² K	2,06W/m ² K
Absortância da cobertura (α)	0,30	0,80
Capacidade térmica da cobertura (CTcob)	220 kJ/m ² K	233 kJ/m ² K
FS – Fator solar do vidro	0,29	0,82
UVID - transmitância do vidro	5,7	5,7
AHS - ângulo horizontal de sombreamento (°)	0°	0°
AVS - ângulo vertical de sombreamento (°)	0°	0°
AOV - ângulo de obstrução vizinha (°)	0°	0°
Iluminação e ganhos		
Densidade de Potência - iluminação (W/m ²)	9,60	14,10
Densidade de ocupação (m ² /pessoa)	10,00	
Densidade de Potência - equipamentos (W/m ²)	9,70	
Horas de ocupação	10 h	
Dias de ocupação	260	
Situação do piso	Contato Solo: Térreo Sem Contato Solo: Demais Pavimentos	
Situação da cobertura	Cobertura Exposta: 5º Pavimento Sem Cobertura Exposta: Demais Pavimentos	
Isolamento do piso	Sem isolamento	Sem isolamento
Condicionamento de ar (Refrigeração)		
COP (W/W)	3,24	2,60
Temperatura Setpoint (°C)	24,0	24,0

ENVOLTÓRIA

Quarto passo: Cálculo da densidade de carga térmica para refrigeração (DCT)

Após a definição dos parâmetros de entrada, os dados devem ser inseridos na interface web que executará o cálculo da densidade de carga térmica para resfriamento.

A interface web executa o metamodelo com base nas redes neurais artificiais de cada uma das zonas de análise. Este procedimento deve ser feito tanto para a condição real do edifício quanto para a condição de referência.

http://pbeedifica.com.br/redes/comercial/index_with_angular.html#

The screenshot shows a web application interface for calculating thermal load density (DCT). It is divided into several sections:

- Edificação:** Includes dropdowns for 'Estado' (SP) and 'Cidade' (São Pau), a text input for 'Número de pavimentos' (10), a dropdown for 'Zonas térmicas iguais nos pavimentos intermediários?' (Sim), and a dropdown for 'Escolha o pavimento' (Térreo).
- Dados da Tipologia:** Includes a text input for 'Número de zonas térmicas' (5) and a 'Calcular' button. Below the button, it displays 'CTE: 54917.54 kWh'.
- Zonas térmicas:** A table with 5 columns (Zona 1 to Zona 5) and 10 rows of parameters. A 'Copiar?' column is present between Zona 1 and Zona 2.

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5
Área (m²)	69,75	92,25	69,75	92,25	176,00
Tipo de zona	Perim	Perim	Perim	Perim	Interi
Contato com o solo?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Zona sobre piloto?	Não	Não	Não	Não	Não
Possui cobertura exposta?	Não	Não	Não	Não	Não
Possui isolamento no piso?	Não	Não	Não	Não	Não
Orientação solar	S	E	N	O	
Densidade de potência de equipamentos (W/m²)	9,70	9,70	9,70	9,70	9,70
Densidade de potência de iluminação (W/m²)	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60
Fator solar	0,29	0,29	0,29	0,29	
Transmitância do vidro (W/m².K)	5,70	5,70	5,70	5,70	

ENVOLTÓRIA

Quarto passo: Cálculo da densidade de carga térmica para refrigeração (DCT)

Na tabela ao lado são apresentados os valores da densidade de carga térmica ao ano para resfriamento da **CONDIÇÃO REAL** da edificação, estimados para cada uma das zonas térmicas por meio da interface web.

No caso da edificação exemplo, as 5 zonas térmicas do 2º ao 4º pavimento são exatamente iguais. Assim, para a estimativa da carga térmica de resfriamento total da edificação, esses valores devem ser somados e multiplicados pelo número de repetições.

$$CgT_R = \sum_{i=m}^n (DCgT \cdot \text{Área} \cdot ZT)$$

Condição Real				
Pavimento	Zona	Estimativa da rede São Paulo - SP	Estimativa da rede Belém - PA	Estimativa da rede Brasília - DF
		DCgT Resfriamento (kWh/m².ano)	DCgT Resfriamento (kWh/m².ano)	DCgT Resfriamento (kWh/m².ano)
1º Pavimento	1	21,35	185,12	37,76
	2	23,64	191,76	41,49
	3	24,58	189,92	42,74
	4	22,60	193,10	40,06
	5	11,73	154,24	23,02
2º - 4º Pavimentos	1	138,27	553,53	191,13
	2	154,14	575,28	210,57
	3	162,18	571,47	217,89
	4	147,21	580,56	204,45
	5	141,57	430,92	174,45
Pavimento Cobertura	1	34,43	179,02	49,29
	2	37,74	184,67	53,55
	3	39,09	182,65	54,92
	4	36,57	185,85	52,47
	5	28,20	140,24	39,07

ENVOLTÓRIA

Quarto passo: Cálculo da densidade de carga térmica para refrigeração (DCT)

Na tabela ao lado são apresentados os valores da densidade de carga térmica ao ano para resfriamento da **CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA** da edificação, estimados para cada uma das zonas térmicas por meio da interface web.

Lembrando que nos pavimentos intermediários (2° ao 4°) os valores de DCT e CT devem ser multiplicados pela quantidade de pavimentos.

Condição Real				
Pavimento	Zona	Estimativa da rede São Paulo - SP	Estimativa da rede Belém - PA	Estimativa da rede Brasília- DF
		DCgT Resfriamento (kWh/m ² .ano)	DCgT Resfriamento (kWh/m ² .ano)	DCgT Resfriamento (kWh/m ² .ano)
1° Pavimento	1	40,82	223,33	66,08
	2	46,98	233,04	74,40
	3	52,14	232,17	79,64
	4	42,80	235,74	69,90
	5	15,33	162,68	28,85
2° - 4° Pavimentos	1	242,82	700,47	319,95
	2	284,37	734,64	364,17
	3	325,65	734,79	398,22
	4	255,30	744,00	340,20
	5	172,11	461,85	206,85
Pavimento Cobertura	1	87,79	269,66	120,72
	2	99,64	278,82	134,09
	3	110,32	277,13	143,22
	4	92,34	282,06	128,09
	5	64,70	199,21	88,14

ENVOLTÓRIA

Quinto passo: cálculo da carga térmica total por ano (condição real)

CONDIÇÃO REAL					
Pavimento	Zona	Estimativa da rede			
		Área da Zona (m ²)	Carga Térmica de Resfriamento (kWh/ano) São Paulo - SP	Carga Térmica de Resfriamento (kWh/ano) Belém - PA	Carga Térmica de Resfriamento (kWh/ano) São Paulo - SP
			DCgT* área	DCgT* área	DCgT* área
1° Pavimento	1	69,75	1.489,22	12.911,95	2.634,03
	2	92,25	2.180,84	17.689,72	3.827,74
	3	69,75	1.714,76	13.246,72	2.980,88
	4	92,25	2.085,20	17.813,76	3.695,65
	5	176,00	2.064,79	27.145,53	4.050,64
2° - 4° Pavimentos	1	69,75	9.644,04	38.608,95	13.330,41
	2	92,25	14.219,79	53.070,57	19.424,28
	3	69,75	11.312,88	39.859,98	15.197,85
	4	92,25	13.588,23	53.556,84	18.859,77
	5	176,00	24.917,16	75.841,95	30.700,95
Pavimento Cobertura	1	69,75	2.401,52	12.486,56	3.437,81
	2	92,25	3.481,43	17.035,62	4.939,55
	3	69,75	2.726,20	12.739,93	3.830,36
	4	92,25	3.373,66	17.144,53	4.840,66
	5	176,00	4.962,85	24.682,55	6.875,85

Cidade	Edifício Completo	
	DCgT _T (kWh/m ² ano)	CgT _{Refrig} (kWh/ano)
São Paulo – SP	1.023,3	100.162,57
Belém – PA	4.498,33	433.835,16
Brasília - DF	1.432,86	138.626,43

ENVOLTÓRIA

Quinto passo: cálculo da carga térmica total por ano (condição de referência)

CONDIÇÃO REAL					
Pavimento	Zona	Estimativa da rede			
		Área da Zona (m ²)	Carga Térmica de Resfriamento (kWh/ano) São Paulo - SP	Carga Térmica de Resfriamento (kWh/ano) Belém - PA	Carga Térmica de Resfriamento (kWh/ano) São Paulo - SP
			DCgT* área	DCgT* área	DCgT* área
1° Pavimento	1	69,75	2.847,35	15.577,41	4.608,89
	2	92,25	4.333,50	21.498,06	6.863,16
	3	69,75	3.636,81	16.193,68	5.554,78
	4	92,25	3.948,64	21.746,78	6.447,89
	5	176,00	2.697,24	28.631,43	5.077,20
2° - 4° Pavimentos	1	69,75	16.937,16	48.856,95	22.315,80
	2	92,25	26.233,62	67.770,66	33.594,63
	3	69,75	22.714,62	51.251,46	27.774,93
	4	92,25	23.552,67	68.632,74	31.382,85
	5	176,00	30.291,09	81.287,01	36.405,00
Pavimento Cobertura	1	69,75	6.123,64	18.808,52	8.420,53
	2	92,25	9.191,70	25.720,77	12.369,49
	3	69,75	7.695,02	19.329,85	9.989,63
	4	92,25	8.518,37	26.019,95	11.816,59
	5	176,00	11.387,23	35.060,77	15.512,71

Cidade	Edifício Completo	
	DCgT _T (kWh/m ² ano)	CgT _{Refrig} (kWh/ano)
São Paulo – SP	1.933,11	180.108,66
Belém – PA	5.769,59	546.386,04
Brasília - DF	2.562,52	238.134,08

ENVOLTÓRIA

Sexto passo: Obtenção do nível de eficiência energética da envoltória

A carga térmica anual proveniente de todas as zonas analisadas **DA CONDIÇÃO REAL E CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA** devem ser **COMPARADAS**. A classificação parcial do nível de eficiência energética da envoltória deve ser definida de acordo com o percentual de economia desta em relação à condição de referência, de acordo com a **escala de valores**.

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Determinação do Fator de Forma da Edificação:

Esse valor será o mesmo para todas as três cidades. É obtido pela equação abaixo.

$$FF = \frac{A_{ENV}}{V_{TOT}} \longrightarrow FF = \frac{1.350}{7.500} = 0,18$$

A_{ENV}	Área total da envoltória da edificação (m ²)
V_{TOT}	Volume total da edificação (m ³)

ENVOLTÓRIA

Sexto passo: Obtenção do nível de eficiência energética da envoltória

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Determinação do Coeficiente de Redução de Carga Térmica Anual:

Esse coeficiente é determinado em relação do FF e GCL da edificação. O valor do coeficiente deve ser retirado das tabelas C.I.2 a C.I.8 do RTQ-C. Abaixo a adaptação da tabela C.I.2 para a tipologia de escritórios.

Grupo Climático (GCL)	Coeficiente de redução da carga térmica total anual da classe A para a classe D ($CRCgT_{A-D}$)				
	$FF \leq 0,20$	$0,20 < FF \leq 0,30$	$0,30 < FF \leq 0,40$	$0,40 < FF \leq 0,50$	$FF > 0,5$
1-B	0,23	0,25	0,27	0,27	0,27
10	0,23	0,26	0,27	0,28	0,28
17	0,12	0,14	0,15	0,15	0,15

GCL	Cidade
1-B	São Paulo/SP
10	Brasília/DF
17	Belém/PA

ENVOLTÓRIA

Sexto passo: Obtenção do nível de eficiência energética da envoltória

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Determinação da Subdivisão das Escalas de Eficiência Energética:

Deve ser calculado o valor i , correspondente ao intervalo de cada uma das classes (A-E).

$$i = \frac{(CgT_{TREF} \cdot CRCgT_{A-D})}{3}$$

CgT_{TREF}	Carga Térmica Total de Referência (kWh/ano)
$CRCgT_{A-D}$	Coeficiente de Redução da Carga Térmica Anual de D para classe A (%)

São Paulo/SP

$$CgT_{TREF} = 180.109,66 \text{ kWh/ano}$$

$$i = 13.808,33$$

Belém/PA

$$CgT_{TREF} = 546.386,04 \text{ kWh/ano}$$

$$i = 41.889,60$$

Brasília/DF

$$CgT_{TREF} = 238.134,08 \text{ kWh/ano}$$

$$i = 9.525,36$$

ENVOLTÓRIA

Sexto passo: Obtenção do nível de eficiência energética da envoltória

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Definição da Tabela das Classes de Eficiência: A tabela C.I.1 do RTQ-C deve ser preenchida, definindo os valores limites para cada classe de eficiência.

Tabela C.I.1: Limites dos intervalos das classes de eficiência energética da Envoltória

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	$> CgT_{TREF} - 3i$	$> CgT_{TREF} - 2i$	$> CgT_{TREF} - i$	$> CgT_{TREF}$
Limite inferior	$\leq CgT_{TREF} - 3i$	$\leq CgT_{TREF} - 2i$	$\leq CgT_{TREF} - i$	$\leq CgT_{TREF}$	-

ENVOLTÓRIA – São Paulo/SP

Sexto passo: Obtenção do nível de eficiência energética da envoltória

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

SÃO PAULO - SP

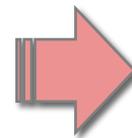
Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 138.683,67	> 152.492,00	> 166.300,33	> 180.108,66
Limite inferior	≤ 138.683,67	≤ 152.492,00	≤ 166.300,33	≤ 180.108,66	-

$$CgT_{TREAL} = 100.162,57 \text{ kWh/ano}$$



**CLASSE A
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Porcentagem de
economia em relação ao
nível D:



44,39%

ENVOLTÓRIA – Belém/PA

Sexto passo: Obtenção do nível de eficiência energética da envoltória

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

BELÉM - PA

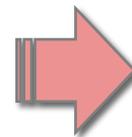
Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 420.717,25	> 462.606,85	> 504.496,44	> 546.386,04
Limite inferior	≤ 420.717,25	≤ 462.606,85	≤ 504.496,44	≤ 546.386,04	-

$$CgT_{TREAL} = 433.835,16 \text{ kWh/ano}$$



**CLASSE B
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Porcentagem de
economia em relação ao
nível D:



20,60%

ENVOLTÓRIA – Brasília/DF

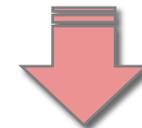
Sexto passo: Obtenção do nível de eficiência energética da envoltória

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

BRASÍLIA - DF

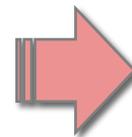
Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 209.557,99	> 219.083,35	> 228.608,72	> 238.134,08
Limite inferior	≤ 209.557,99	≤ 219.083,35	≤ 228.608,72	≤ 238.134,08	-

$$CgT_{TREAL} = 138.626,43 \text{ kWh/ano}$$



**CLASSE A
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Porcentagem de
economia em relação ao
nível D:



41,79%

ENVOLTÓRIA

Sexto passo: Obtenção do nível de eficiência energética da envoltória

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

São Paulo/SP

$$CgT_{TREAL} = 100.162,57 \text{ kWh/ano}$$

$$CgT_{TREAL} = 8.346,88 \text{ kWh/mês}$$

Economia em relação ao nível D de **44,39%**



**CLASSE A
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Belém/PA

$$CgT_{TREAL} = 433.835,16 \text{ kWh/ano}$$

$$CgT_{TREAL} = 36.152,93 \text{ kWh/mês}$$

Economia em relação ao nível D de **20,60%**



**CLASSE B
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Brasília/DF

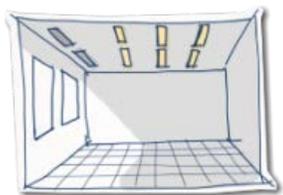
$$CgT_{TREAL} = 138.626,43 \text{ kWh/ano}$$

$$CgT_{TREAL} = 11.552,20 \text{ kWh/mês}$$

Economia em relação ao nível D de **41,79%**



**CLASSE A
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**



Exemplo de Aplicação

ILUMINAÇÃO



CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

ILUMINAÇÃO – Panorama Geral

Avaliação através do limite de potência instalada de iluminação

- Obtenção dos dados através do projeto luminotécnico.
- Entradas: informações arquitetônicas e do sistema de iluminação.
- Saída: **Potência instalada de iluminação (kWh)** (condição real e condição de referência - limites)

O procedimento de determinação da eficiência do sistema de iluminação artificial é dividido entre áreas internas e externas à edificação (no exemplo de aplicação foram consideradas apenas as áreas internas).

ILUMINAÇÃO – Panorama Geral

Etapas para a determinação da eficiência:

1. **Primeiro passo:** determinação da(s) atividade(s) do edifício;
2. **Segundo passo:** determinação da potência instalada do edifício ou parcela do edifício a ser avaliada;
3. **Terceiro passo:** escolha do método a ser utilizado (método do edifício completo, método das atividades do edifício ou método da potência ajustada);
4. **Quarto passo:** verificação de atendimento aos requisitos;
5. **Quinto passo:** cálculo da potência instalada de referência (potência limite);
6. **Sexto passo:** cálculo da escala para classe de eficiência e indicação da classificação do sistema de iluminação.

Considerou-se que nesta edificação exemplo não existem ambientes no subsolo e nem sistemas de controle, e que todos os pré-requisitos para obtenção do nível A de eficiência já foram atendidos.

ILUMINAÇÃO

Primeiro passo: determinação da(s) atividade(s) do edifício

- Edifício de escritórios.

Segundo passo: determinação da potência instalada do edifício ou parcela do edifício a ser avaliada

- Iluminação com lâmpadas fluorescentes T5 com **potência instalada total de 24.250W** (informação do projeto luminotécnico).

Terceiro passo: escolha do método a ser utilizado

- O método escolhido para a edificação exemplo foi o método do edifício completo, por este ser de aplicação mais rápida e também pelo fato da edificação se enquadrar nos condições para uso do mesmo: edifício com no máximo três atividades principais distintas.

Quarto passo: verificação de atendimento aos requisitos

- Considerou-se nesse exemplo que todos os pré-requisitos para obtenção do nível A de eficiência foram atendidos.

ILUMINAÇÃO

Quinto passo: cálculo da potência instalada de referência (potência limite)

Avaliação a partir do método do edifício completo:

Identificar a(s) atividade(s) principal(is) da edificação de acordo com a Tabela 36 do RTQ-C, e a densidade de potência de iluminação limite (DPIL) para cada classe de eficiência (A, B, C e D).

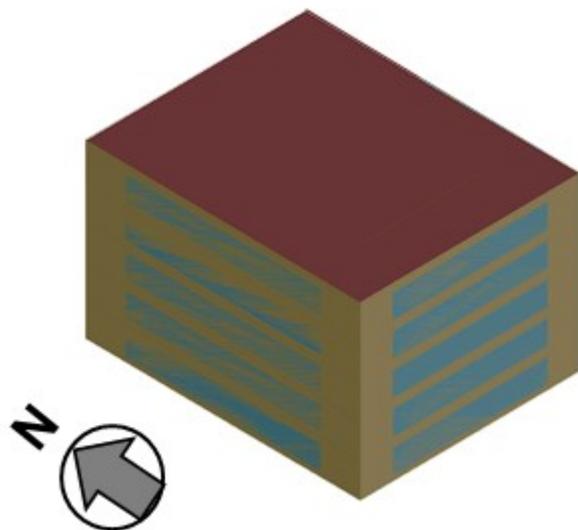
Tabela 36: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício

Função do Edifício	DPI _L Classe A [W/m ²]	DPI _L Classe B [W/m ²]	DPI _L Classe C [W/m ²]	DPI _L Classe D [W/m ²]
Comércio	11,4	14,9	18,4	21,9
Correios	7,2	9,3	11,5	13,6
Venda e Locação de Veículos	7,6	9,4	11,1	12,8
Escola/Universidade	8,7	11,0	13,2	15,5
Escritório	8,5	10,4	12,2	14,1
Estádio de esportes	9,4	10,3	11,3	12,2
Garagem – Ed, Garagem	1,6	2,4	3,1	3,9

ILUMINAÇÃO

Quinto passo: cálculo da potência instalada de referência (potência limite)

Determinar a área iluminada (AI) da edificação para cada uma das atividades; se houver apenas uma atividade principal (caso da edificação exemplo). Em seguida, deve-se multiplicar a área iluminada (AI) pela DPI_L para encontrar a potência limite do edifício (PL).



Determinação AI:

Edificação exemplo: 5 pavimentos – 500m² cada pavimento.

Total Área Iluminada: 2.500m²

Densidade de potência limite para escritório (DPI_L):

Tabela 36: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício

Função do Edifício	DPI_L Classe A [W/m ²]	DPI_L Classe B [W/m ²]	DPI_L Classe C [W/m ²]	DPI_L Classe D [W/m ²]
Escritório	8,5	10,4	12,2	14,1

Potência instalada limite (PL):

Determinação das Potências Limites			
A	B	C	D
21.250	26.000	30.500	35.250

ILUMINAÇÃO

Sexto passo: cálculo da escala para classe de eficiência e indicação da classificação do sistema de iluminação.

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Definição da Tabela das Classes de Eficiência: A tabela C.II.1 do RTQ-C deve ser preenchida, definindo os valores limites para cada classe de eficiência. Como os valores para PI_{TREF} das três cidades não mudam, e conseqüentemente o i também não, as tabelas permanecem com os mesmos limites.

Tabela C.II.1: Limites dos intervalos das classes de eficiência energética da Envoltória

$$i = \frac{(PI_{TREF} - PI_{TA})}{3}$$

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	$\leq PI_{TREF} - 3i$	$\leq PI_{TREF} - 2i$	$\leq PI_{TREF} - i$	$> PI_{TREF}$
Limite inferior	$< PI_{TREF} - 3i$	$> PI_{TREF} - 2i$	$> PI_{TREF} - i$	PI_{TREF}	-

ILUMINAÇÃO

Sexto passo: cálculo da escala para classe de eficiência e indicação da classificação do sistema de iluminação.

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Observa-se que:

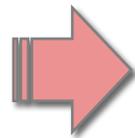
PI_{REF} = é o nível D, logo seu valor é igual a 35.250W.

PI_{TA} = corresponde a potência total instalada do nível A para o método escolhido, logo é igual a 21.250W

$$i = \frac{(35.250 - 21.250)}{3} = 3667W$$

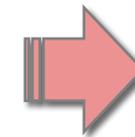
Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	≤ 24.250	≤ 27.917	≤ 31.583	> 35.250
Limite inferior	< 24.250	> 27.917	> 31.583	35.250	-

$$PI_{REAL} = 24.250W$$

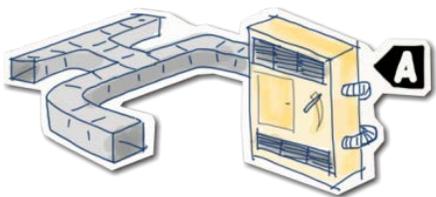


**CLASSE B
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

**Porcentagem de
economia em relação ao
nível D:**



31,21%



Exemplo de Aplicação

AR CONDICIONADO



CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

CONDICIONAMENTO DE AR – Panorama Geral

Etapas da determinação da eficiência:

- **SISTEMAS ETIQUETADOS PELO INMETRO:** Aparelhos de janela e/ou *split*

Primeiro passo: consulta às tabelas do **INMETRO**;

Segundo passo: verificação do **requisito de isolamento de tubulações**;

Terceiro passo: ponderação pela capacidade dos sistemas/ classificações (quando necessário);

Quarto passo: determinação da classe de eficiência.

Existe também a avaliação dos equipamentos não etiquetados pelo INMETRO, porém para neste exemplo todos os aparelhos são etiquetados.

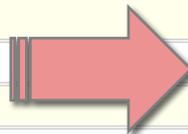
CONDICIONAMENTO DE AR

EDIFICAÇÃO EXEMPLO: sistema *split* etiquetado pelo INMETRO – COP = 3,60.

Primeiro passo: consulta à tabela do INMETRO
<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>

.: Tabelas de consumo/eficiência energética .:

PRODUTOS	
 AQUECEDORES DE ÁGUA A GÁS	 CONDICIONADORES DE AR TIPO JANELA - Índices Antigos
 AQUECEDORES ELÉTRICOS DE HIDROMASSAGEM	 CONDICIONADORES DE AR TIPO JANELA - Novos Índices
 AQUECEDORES ELÉTRICOS DE PASSAGEM	 CONDICIONADORES DE AR CASSETE - Índices Antigos
 AQUECEDORES ELÉTRICOS DE ACUMULAÇÃO (BOILER)	 CONDICIONADORES DE AR CASSETE - Novos Índices
 BOMBAS E MOTOBOMBAS CENTRÍFUGAS	 CONDICIONADORES DE AR SPLIT HI-WALL - Índices Antigos
 CHUVEIROS ELÉTRICOS	 CONDICIONADORES DE AR SPLIT HI-WALL - Novos Índices
 CONDICIONADORES DE AR	 CONDICIONADORES DE AR SPLIT PISO -TETO - Índices Antigos
 CONGELADORES VERTICAIS, CONGELADORES VERTICAIS FROST-FREE E CONGELADORES HORIZONTAIS	 CONDICIONADORES DE AR SPLIT PISO -TETO - Novos Índices
 DUCHAS HIGIÊNICAS ELÉTRICAS	
 EDIFICAÇÕES	
 FOGÕES E FORNOS DOMÉSTICOS A GÁS	
 FORNOS ELÉTRICOS COMERCIAIS	
 FORNOS DE MICRO-ONDAS	
 LÂMPADAS DECORATIVAS - LINHA INCANDESCENTES - 127V E 220V	
 LÂMPADAS DE USO DOMÉSTICO - LINHA INCANDESCENTES - 127V E 220V	



CONDICIONAMENTO DE AR

EDIFICAÇÃO EXEMPLO: sistema *split* etiquetado pelo INMETRO

Primeiro passo: consulta às tabelas do INMETRO

No edifício exemplo, todas as máquinas instaladas possuem COP 3,60, e CEE > 3,23, logo classe A.

ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

Selo PROCEL de Economia de Energia

CONDICIONADORES DE AR SPLIT HI-WALL

Data atualização: 24/4/2017

Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)		Split Hi-Wall			
			Rotação Fixa		Rotação Variável	
A	3,23	<CEE	375	41,8%	315	91,3%
B	3,02	<CEE ≤ 3,23	178	19,8%	22	6,4%
C	2,81	<CEE ≤ 3,02	274	30,5%	8	2,3%
D	2,60	≤CEE ≤ 2,81	70	7,8%	0	0,0%
			897 un	345 un		

Nota: A classificação dos equipamentos nessa tabela obedece aos índices de eficiência em vigor da portaria INMETRO / MDIC número 410 de 16/8/2013.

IMPORTANTE: Para efeito de confirmação do status do registro junto ao Inmetro, os modelos presentes nesta tabela devem ser consultados no banco de dados do registro no link: <http://www.inmetro.gov.br/registrosobjetos/Default.aspx?pag=1>

Deve-se adotar a classificação da ENCE obtida nas Tabelas do PBE/INMETRO, considerando a última versão publicada.

CONDICIONAMENTO DE AR

EDIFICAÇÃO EXEMPLO: sistema split etiquetado pelo INMETRO

Segundo passo: verificação do requisito de isolamento de tubulações;

No edifício exemplo, todas as tubulações de 15mm de diâmetro **possuem isolamento térmico de 1,3cm;**

Espessura mínima (cm) de isolamento de tubulações para sistemas de refrigeração do tipo expansão direta (exceto VRF)

Faixa de temperatura do fluido (°C)	Condutividade do isolamento		Diâmetro nominal da tubulação (mm)		
	Condutividade térmica (W/mK)	Temperatura de ensaio	≤ 10mm	10 ≤ a ≤ 30mm	> 30mm
0 < T < 16	0,032 a 0,040	20°C	0,9cm	1,3cm	1,9cm

Requisito OK

CONDICIONAMENTO DE AR

SISTEMAS ETIQUETADOS PELO INMETRO:

Para estes sistemas, deve ser verificado o coeficiente de eficiência energética (CEE) dos equipamentos. Na edificação deste exemplo, como temos classe A de eficiência energética, o COP é igual a 3,60.

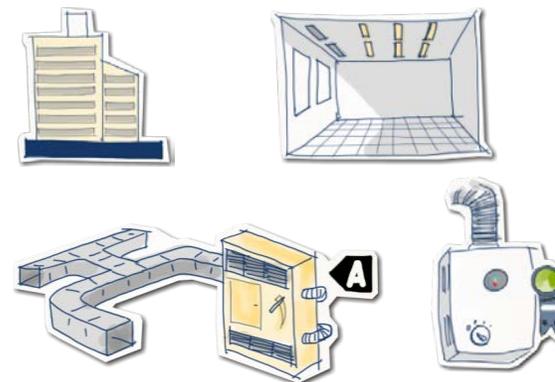
	Condição real	Condição de referência (D)
Coeficiente de eficiência energética (COP)	3,60	2,60
Classificação	A	D

**CLASSE A
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Exemplo de Aplicação

DETERMINAÇÃO DOS CONSUMOS

- Sistema de Iluminação
- Sistema de Condicionamento de Ar
- Equipamentos



centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

CONSUMO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Consumo Total = Potência Instalada × Horas de Ocupação por Dia × Dias Ocupados ao Ano

	Condição Real	Condição de Referência (D)
Potência Instalada de Iluminação do Edifício - Iluminação (kW)	24,25	35,25
Classificação	B	D

	Condição real	Condição de Referência (D)
hOcc (Edif. Exemplo)	10	
Média de dias úteis/ano	260	
Consumo Total Iluminação (kWh/ano)	63.050,00	91.650,00
Consumo Total Iluminação (kWh/mês)	5.254,17	7.938,50

CONSUMO DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR

- Consumo do sistema de condicionamento de ar (CAA_E)

Consumo total

$$CAA_{(E \text{ ou } T)} = \frac{CgT_T}{SPLV}$$

$CAA_{E \text{ ou } T}$	Consumo em energia elétrica ou térmica do sistema de condicionamento de ar (kWh/ano)
CT_T	Carga térmica total anual da edificação real e de referência (kWh/ano).
$SPLV$	Eficiência do sistema de condicionamento de ar real e de referência, no caso o COP.

	São Paulo/SP		Belém/PA		Brasília/DF	
	Condição real	Condição de Referência	Condição real	Condição de Referência	Condição real	Condição de Referência
COP real (W/W)	3,60	2,60	3,60	2,60	3,60	2,60
Carga Térmica de Resfriamento (kWh/ano)	51.041,17	180.108,66	259.876,3	546.386,04	73.617,59	238.134,08
Consumo Total Condicionamento de Ar (kWh/ano)	27.822,94	69.272,56	120.509,77	210.148,48	38.507,34	91.590,03
Consumo Total Condicionamento de Ar (kWh/mês)	2.318,58	5.772,71	10.042,48	17.512,37	3.208,95	7.632,50

CONSUMO DOS EQUIPAMENTOS

Consumo de equipamentos/tomadas (CEQ)

Fixo por tipologia e uso da edificação

- Tipologia: Escritório.
- Obtenção de dados: tabelas RTQ-C;
- Entradas: densidade de potência instalada, área e tempo de uso;
- Saída: **Consumo (kWh/ano)**.

	Modelo real	Modelo de referência (D)
Densidade de Potência - equipamentos (W/m ²)	9,7	
Área do edifício (m ²)	2.500,00	
Potência Instalada do Edifício - Equipamentos (W)	24.250,00	
Potência Instalada do Edifício Equipamentos (kW)	24,25	
hOcc	10	
Média de dias úteis/ano	260	
Consumo Total Equipamentos (kWh/ano)	63.050,00	
Consumo Total Equipamentos (kWh/mês)	5.254,17	



Exemplo de Aplicação

GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL



CB3E

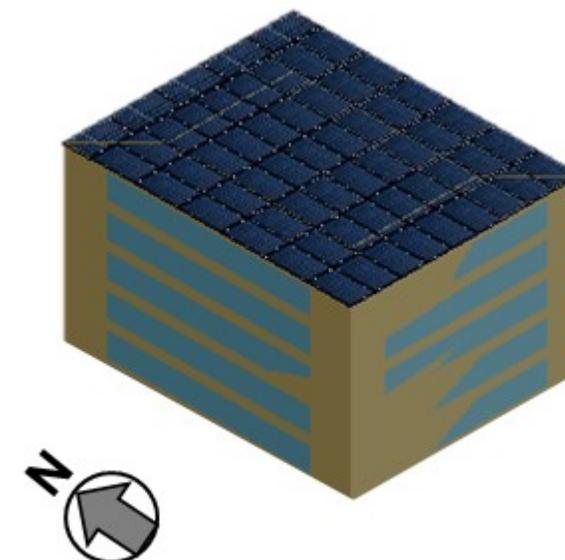
centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

GERAÇÃO DE ENERGIA

Geração de energia elétrica: GE_E

- Obtenção de dados através do projeto do sistema de geração;
- Entradas: laudo do projetista;
- Saída: **Consumo (kWh/ano)**

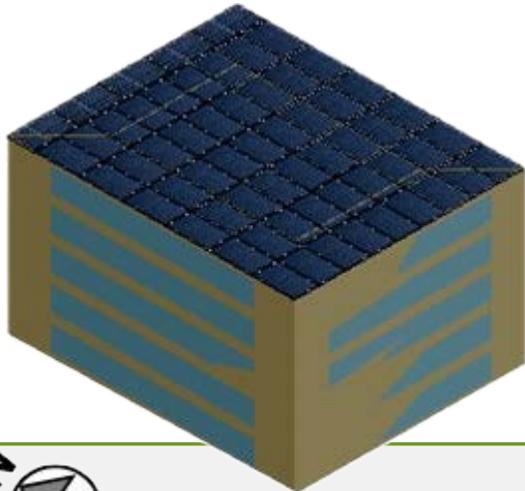
Classificação INMETRO	A
Dimensões (L x C)	1.000 mm x 1.630 mm
Área Unitária	1,63 m ²
Número de Módulos	300
Área Total	489 m ²
Eficiência Energética adotada	15,10%
Orientação Solar	0°



	São Paulo/SP	Belém/PA	Brasília/DF
Radiação Estimada (kWh/m ² ano):	4,70	5,05	4,93
Geração de Energia (kWh/ano):	90.231,26	96.950,61	94.646,83

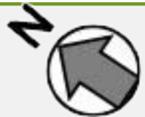
GERAÇÃO DE ENERGIA – Economia de Energia Elétrica

Percentual de economia de energia elétrica, devido à geração fotovoltaica.



$$PG_E = \frac{G_{EE} * 100}{C_E}$$

PG_E	Potencial de geração de energia. Percentual de energia consumida (%);
G_{EE}	Energia gerada por fontes renováveis (kWh/ano);
C_E	Consumo total de energia ao longo do ano (kWh/ano). É o valor CTE_E sem descontar a geração de energia renovável;



São Paulo/SP
 $C_E Real = 179.389,94 kWh/ano$
 $C_E Real = 14.949,16 kWh/mês$

Belém/PA
 $C_E Real = 263.512,81 kWh/ano$
 $C_E Real = 21.959,40 kWh/mês$

Brasília/DF
 $C_E Real = 188.383,36 kWh/ano$
 $C_E Real = 15.698,61 kWh/mês$

CONDIÇÃO REAL

$PG_E = 50,30\%$

$PG_E = 36,79\%$

$PG_E = 50,24\%$

CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA

$PG_E = 0\%$

$PG_E = 0\%$

$PG_E = 0\%$

Para a edificação de referência não é considerada a geração de energia renovável

Exemplo de Aplicação

DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA EDIFICAÇÃO

ANEXO B PROCEDIMENTOS PARA A DETERMINAÇÃO DA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

CONSUMO TOTAL DA EDIFICAÇÃO

Para a determinação da classe de eficiência global da edificação, é necessário determinar seu consumo em energia primária. Ele é calculado com base no consumo total de energia elétrica e térmica da edificação.

Como a edificação deste exemplo não tem consumo de energia térmica, a equação não será demonstrada aqui.

Os consumos devem ser determinados para a edificação real e de referência.

Consumo Energia Elétrica
(CTE_E) em kWh/ano :



$$CTE_E = CIL + CCAC_E + CAQ_E + CEQ - GE_E$$

CIL	Consumo do Sistema de Iluminação (kWh/ano);
$CCAC_E$	Consumo de energia elétrica do sistema de condicionamento de ar (kWh/ano);
CAQ_E	Consumo do sistema de aquecimento de água - energia elétrica (kWh/ano);
CEQ	Consumo de equipamentos/tomadas (kWh/ano);
GE_E	Geração de energia elétrica (kWh/ano).

CONSUMO TOTAL DA EDIFICAÇÃO

Com os consumos calculados, é feita a conversão para a energia primária através de determinados fatores. Assim são **calculados os limites** para cada uma das **classes de eficiência energética**, e verificado qual o intervalo que a edificação real se encaixa.

O consumo em energia primária deve ser determinado para a edificação real e de referência.

Conversão em Energia Primária
(CEP) em kWh/ano:



$$CEP = (CTE_E \cdot fcE) + (CTE_T \cdot fcT)$$

fcE	Fator de conversão de energia elétrica para primária. Seu valor é 1,6.
fcT	Fator de conversão de energia elétrica para primária. Seu valor é 1,1.

CONSUMO TOTAL DA EDIFICAÇÃO

Consumo da Edificação em Energia Elétrica

	São Paulo/SP	Belém/PA	Brasília/DF
CONDIÇÃO REAL	$CTE_E = 63.691,68 \text{ kWh/ano}$ $CTE_E = 5.307,64 \text{ kWh/mês}$	$CTE_E = 149.659,16 \text{ kWh/ano}$ $CTE_E = 12.471,60 \text{ kWh/mês}$	$CTE_E = 69.960,51 \text{ kWh/ano}$ $CTE_E = 5.830,04 \text{ kWh/mês}$
CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA	$CTE_E = 195.372,56 \text{ kWh/ano}$ $CTE_E = 16.281,05 \text{ kWh/mês}$	$CTE_E = 336.248,48 \text{ kWh/ano}$ $CTE_E = 28.020,71 \text{ kWh/mês}$	$CTE_E = 217.690,03 \text{ kWh/ano}$ $CTE_E = 18.140,84 \text{ kWh/mês}$

DETERMINAÇÃO DA ESCALA DE EFICIÊNCIA GLOBAL

Com os valores dos consumos em energia primária, é calculado o percentual de economia da edificação em relação ao nível D, e também é feita a determinação da escala global de eficiência energética da edificação.

Para a determinação da escala de eficiência energética da edificação, da mesma forma que a envoltória, é necessário calcular o FF da edificação, e encontrar o valor i para a subdivisão da escala.

Percentual de Economia em Energia Primária e Definição da Escala

$$PRC_{CEP-CEP_R} = 1 - \left(\frac{CEP}{CEP_R}\right) * 100$$

$$i = \frac{(CEP_R * PRC_{D-A})}{3}$$

CEP	Consumo de energia primária da edificação real;
CEP_R	Consumo de energia primária da edificação em sua condição de referência;
PRC_{D-A}	Percentual de redução do consumo de energia primária da classe D para a classe A. Encontrado a partir do FF e do GCL da edificação.

DETERMINAÇÃO DA ESCALA DE EFICIÊNCIA GLOBAL

$$FF = \frac{1350}{7500} = 0,18$$

Cidade	Grupo Climático (GCL)	Coeficiente de redução da carga térmica total anual da classe A para a classe D (CRCT _{A-D})				
		FF ≤ 0,20	0,20 < FF ≤ 0,30	0,30 < FF ≤ 0,40	0,40 < FF ≤ 0,50	FF > 0,5
São Paulo/SP	1-B	0,30	0,33	0,35	0,36	0,36
Brasília/DF	10	0,31	0,34	0,36	0,37	0,38
Belém/PA	17	0,28	0,30	0,32	0,33	0,33

Escalas de Eficiência Energética Global da Edificação

Tabela 11: Limites dos intervalos das classes de eficiência energética da Envoltória

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> CEP _R - 3i	> CEP _R - 2i	> CEP _R - i	> CEP _R
Limite inferior	≤ CEP _R - 3i	≤ CEP _R - 2i	≤ CEP _R - i	≤ CEP _R	-

São Paulo/SP

i = 32.259,61

Belém/PA

i = 52.118,51

Brasília/DF

i = 30.476,60

DETERMINAÇÃO DA ESCALA DE EFICIÊNCIA GLOBAL

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

SÃO PAULO - SP

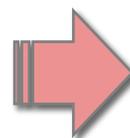
Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 218.817,27	> 250.076,88	> 281.336,49	> 312.596,10
Limite inferior	≤ 218.817,27	≤ 250.076,88	≤ 281.336,49	≤ 312.596,10	-

$$CEP_{TREAL} = 101.906,68 \text{ kWh/ano}$$



**CLASSE A
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Porcentagem de
economia em relação ao
nível D:



67,40%

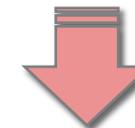
DETERMINAÇÃO DA ESCALA DE EFICIÊNCIA GLOBAL

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

BELÉM - PA

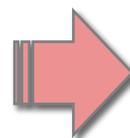
Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 348.017,17	> 400.135,69	> 452.254,20	> 504.372,72
Limite inferior	≤ 348.017,17	≤ 400.135,69	≤ 452.254,20	≤ 504.372,72	-

$$CEP_{TREAL} = 239.545,66 \text{ kWh/ano}$$



**CLASSE A
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Porcentagem de
economia em relação ao
nível D:



52,52%

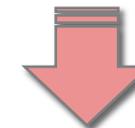
DETERMINAÇÃO DA ESCALA DE EFICIÊNCIA GLOBAL

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

BRASÍLIA - DF

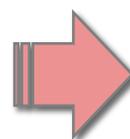
Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 235.105,23	> 265.528,84	> 296.058,44	> 326.535,05
Limite inferior	≤ 235.105,23	≤ 265.528,84	≤ 296.058,44	≤ 326.535,05	-

$$CEP_{TREAL} = 111.936,82 \text{ kWh/ano}$$



**CLASSE A
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Porcentagem de
economia em relação ao
nível D:



65,72%



Exemplo de Aplicação

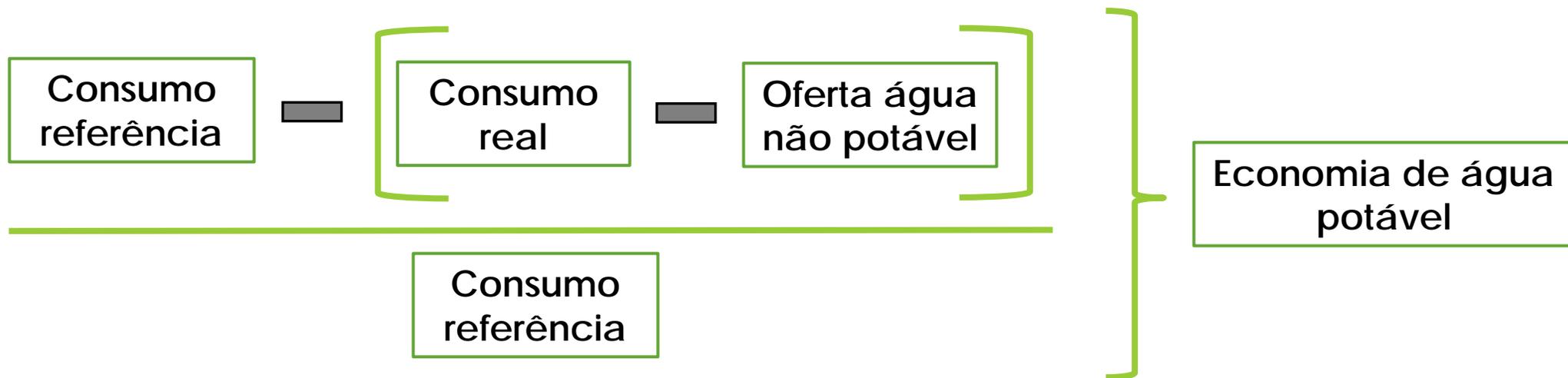
USO RACIONAL DE ÁGUA



CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

USO RACIONAL DE ÁGUA



Adaptado do método do LEED v.4/ em alinhamento com avaliação do sistema de aquecimento de água



USO RACIONAL DE ÁGUA

Economia de água potável: ET_{AGUA}

- Necessária a obtenção dos dados dos equipamentos economizadores e sistemas de uso racional de água;
- Caráter informativo e não altera a classificação.

Etapas da determinação da eficiência:

Primeiro passo: Definição da tipologia e do número de usuários da edificação;

Segundo passo: Determinar o consumo anual de água segundo um modelo de referência (CA_{ref}) utilizando um padrão de uso e de ocupação;

Terceiro Passo: Determinar o consumo anual de água na edificação real (CA_{real}) considerando os sistemas de economia;

Quarto passo: Determinar a oferta anual de água não potável ($OA_{n\tilde{a}opot\tilde{a}vel}$) proporcionada por sistemas de uso racional, quando existentes;

Quinto passo: cálculo da economia de água gerada pela fórmula abaixo indicada.

$$ET_{\acute{a}gua} = \left[\frac{CA_{ref} - (CA_{real} - OA_{n\tilde{a}opot\tilde{a}vel})}{CA_{ref}} \right] \cdot 100$$

CA_{ref}/CA_{real}	Consumo de água referência e real (L/ano);
$OA_{n\tilde{a}opot\tilde{a}vel}$	Oferta de água não potável por ano (L/ano).

USO RACIONAL DE ÁGUA

Primeiro passo: Definição da tipologia, do número de usuários e de equipamentos que integram o sistema:

- Edifício de escritório de 2500 m² com densidade de pessoas de 10,0 m²/pessoa: 250 ocupantes.

Essas informações são obtidas através da geometria da edificação e da tabela da tipologia.

O número de ocupantes é obtido através da equação abaixo.

$$O_c = \frac{A_{tot}}{DO_c}$$

A_{tot}	Área total da edificação (m ²)
DO_c	Densidade de ocupação da edificação (m ² /pessoa) – obtida da tabela de referência por tipologia.

USO RACIONAL DE ÁGUA

Segundo Passo: Determinar o consumo anual de água segundo um modelo de referência utilizando um padrão de uso e de ocupação;

- Calcula-se o consumo de água (CA) para a edificação de referência e para a edificação real;
- Para os cálculos, considera-se 50% ocupação feminina, e 50% ocupação masculina.

$$CA = N_{ano} \cdot (CA_{BS_MIC} + Q_{TL} \cdot t_{TL} \cdot UD_{TL} \cdot Oc + Q_{CH} \cdot t_{CH} \cdot UD_{CH} \cdot Oc + Q_{TC} \cdot t_{TC} \cdot UD_{TC} \cdot Oc)$$

0
 ↘
 Chuveiro não tem economia de água

$$CA_{BS_MIC} = Q_{BS_M} \cdot UD_{BS_M} \cdot Oc_M + Q_{BS_F} \cdot UD_{BS_F} \cdot Oc_F + Q_{MIC} \cdot UD_{MIC_M} \cdot Oc_M$$

N_{ano}	Número De dias de ocupação (conforme tipologia);	Q_{CH}	Vazão do chuveiro (L/min)
CA_{BS_MIC}	Consumo diário de água nas Bacias Sanitárias e Mictórios (L/dia)	t_{CH}	Duração do uso do chuveiro (min)
Q_{TL}	Vazão da torneira do lavatório (L/min)	UD_{CH}	Número de usos diário do chuveiro por pessoa (usos/dia.pessoa)
t_{TL}	Duração do uso da torneira do lavatório (min)	Q_{BS_M}/Q_{BS_F}	Vazão bacia sanitária do banheiro masculino e feminino, respectivamente(L/min)
UD_{TL}	Número de usos diário da torneira do lavatório por pessoa (usos/dia.pessoa)	UD_{BS_M}/UD_{BS_F}	Número de usos diário da bacia sanitária do banheiro masculino e feminino (usos/dia.pessoa)
Oc	Ocupação (pessoas)	Q_{MIC}	Vazão do mictório (L/min)
		UD_{MIC}	Número de usos diário do mictório por pessoa (usos/dia.pessoa)

USO RACIONAL DE ÁGUA

- Bacias sanitárias com acionamento duplo de 3 L/descarga;
- Mictório de 2,5 L/descarga;
- Lavatórios com arejador (vazão de 1,5 L/min);

Edificação Real					
Dispositivo	Tipo	Vazão	Tempo de uso (min)	Usos (usos/dia,pessoa)	Consumo total (l/ano)
Bacia sanitária	masc	6,00	-	1	97.500,00
	fem	6,00	-	3	292.500,00
Mictórios	masc	3,80	-	2	162.500,00
Torneira de lavatório	masc + fem	1,90	0,5	3	146.250,00
				Consumo total ref, (L/ano)	698.750,00

Valores retirados das tabelas de referência F.1, F.2 e F.3 do Anexo F do RTQ-C

Edificação de Referência					
Dispositivo	Tipo	Vazão	Tempo de uso (min)	Usos (usos/dia,pessoa)	Consumo total (l/ano)
Bacia sanitária	masc	6,00	-	1	195.000,00
	fem	6,00	-	3	585.000,00
Mictórios	masc	3,80	-	2	247.000,00
Torneira de lavatório	masc + fem	1,90	0,5	3	185.250,00
				Consumo total ref, (L/ano)	1.212.250,00

USO RACIONAL DE ÁGUA

Quarto passo: Determinar a oferta anual de água não potável proporcionada por sistemas de uso racional, quando existentes.

- Foi adotado 20% de oferta de água pluvial, em relação à oferta total da edificação real

Consumo total real (L/ano)	698.750,00
OA não potável (L/ano)	139.750,00

Quinto passo: cálculo da economia de água:

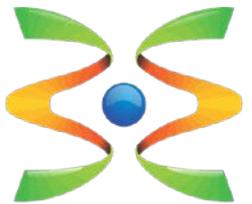
$$ET_{\text{água}} = \left[\frac{1.039.714,00 - (698.750,00 - 139.750,00)}{1.039.714,00} \right] \cdot 100 =$$

ECONOMIA GERADA	46,24%
-----------------	--------



Exemplo de Aplicação

EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO



CB3E
centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

EMISSÕES DE CO₂

Emissão de CO₂ total na edificação em t.CO₂/ano é dada por:

$$E_{CO_2} = \frac{CTE_E \cdot fe_e + CTE_T \cdot fe_t}{1000}$$

CTE_E	Consumo total em energia elétrica (kWh/ano);
fe_E	Fator de emissão de dióxido de carbono na geração de energia elétrica – retirado da tabela F.3 do RTQ-C. Atualmente o valor é 0,09 kg.CO ₂ /kWh.
fe_T	Fator de emissão de dióxido de carbono na queima de combustível – retirado da tabela F.2 do RTQ-C. Atualmente o valor é 0,227 kg.CO ₂ /kWh.

	São Paulo/SP	Belém/PA	Brasília/DF
CONDIÇÃO REAL	$E_{CO_2} = 26,36 \text{ tCO}_2/\text{ano}$ $E_{CO_2} = 2,20 \text{ tCO}_2/\text{mês}$	$E_{CO_2} = 25,32 \text{ tCO}_2/\text{ano}$ $E_{CO_2} = 2,11 \text{ tCO}_2/\text{mês}$	$E_{CO_2} = 25,55 \text{ tCO}_2/\text{ano}$ $E_{CO_2} = 2,13 \text{ tCO}_2/\text{mês}$
CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA	$E_{CO_2} = 24,81 \text{ tCO}_2/\text{ano}$ $E_{CO_2} = 2,07 \text{ tCO}_2/\text{mês}$	$E_{CO_2} = 35,06 \text{ tCO}_2/\text{ano}$ $E_{CO_2} = 2,92 \text{ tCO}_2/\text{mês}$	$E_{CO_2} = 26,34 \text{ tCO}_2/\text{ano}$ $E_{CO_2} = 2,20 \text{ tCO}_2/\text{mês}$
	Aumento: 6,22%	Redução: 26,44%	Redução: 3,00%