



EXEMPLO DE APLICAÇÃO

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

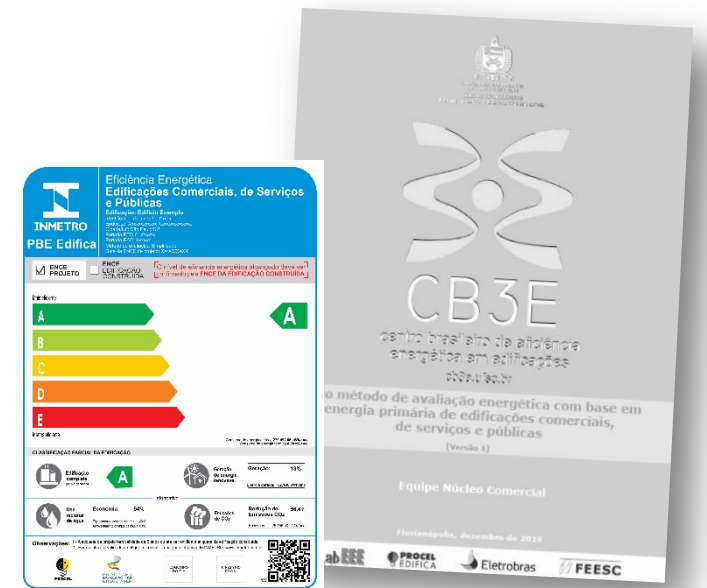
CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

NOVO MÉTODO - EXEMPLO DE APLICAÇÃO

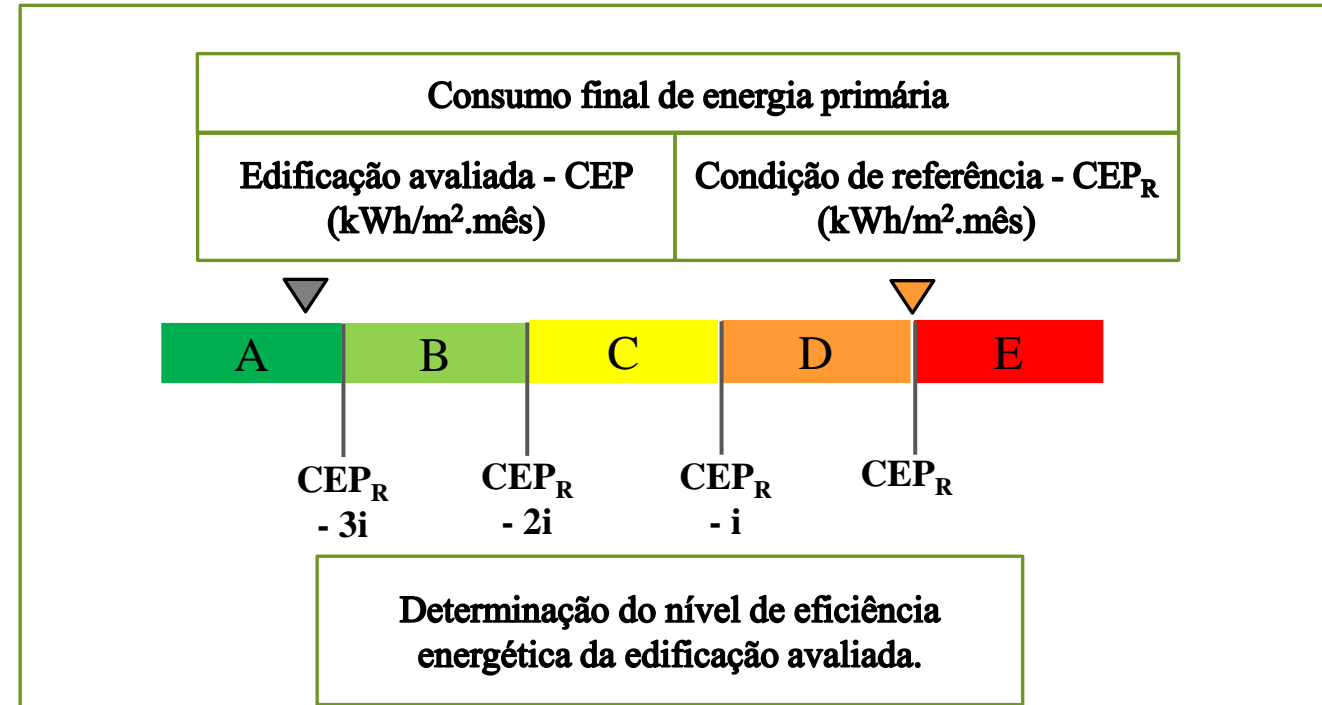
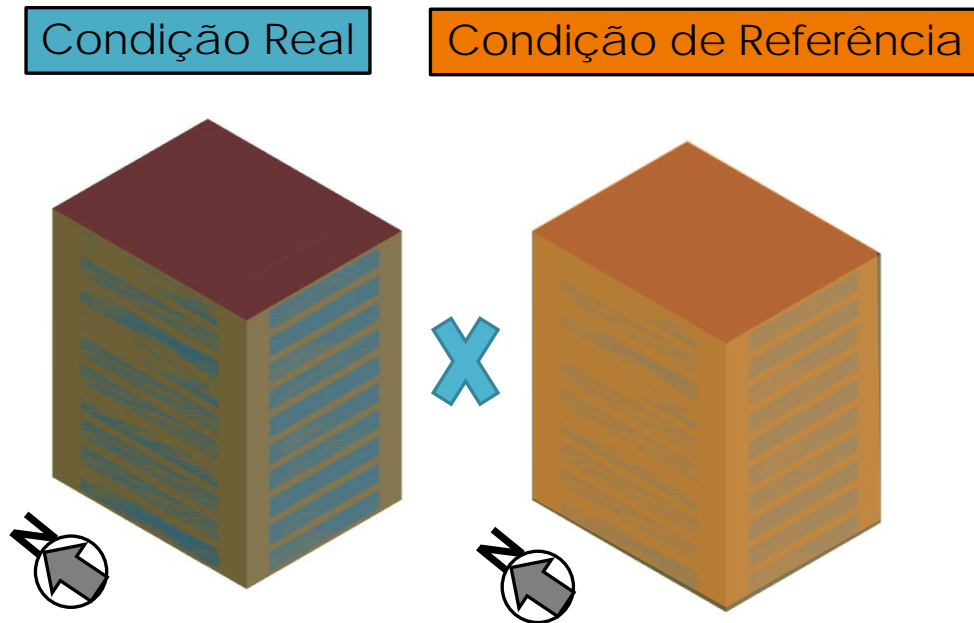
Visando facilitar a compreensão dos novos procedimentos para a definição do Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, este documento apresenta uma edificação modelo na qual aplicou-se um passo-a-passo considerando todos os sistemas de avaliação presentes no novo 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).



Conceito da avaliação por consumo de energia primária

Figura 2: Escala para definição da eficiência da edificação



* Indicação das classes de eficiência na escala apenas ilustrativa

AValiação da Aplicabilidade do Método Simplificado

O método simplificado é aplicável apenas nas edificações que apresentem 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	Sim

A EDIFICAÇÃO EXEMPLO:

Edificação de geometria em planta em forma de L da tipologia **hospedagem** com **4 pavimentos**, simulada para as cidades de **Florianópolis - SC (GCL 1C)**, **Brasília - DF (GCL 10)**, **Belém - PA (GCL 17)**, com fachadas voltadas para as 4 orientações principais (N, S, L e O), sem abertura zenital.

Sistema de iluminação:

- Potência instalada total de 16.900W. Sem aproveitamento da iluminação natural.

Sistema de condicionamento de ar:

- Edifício com condicionamento por equipamentos do tipo *split*. Sem aproveitamento da ventilação natural.

Sistema de aquecimento de água:

- Todos os banheiros são atendidos por sistema central a gás.

Geração local de energia elétrica:

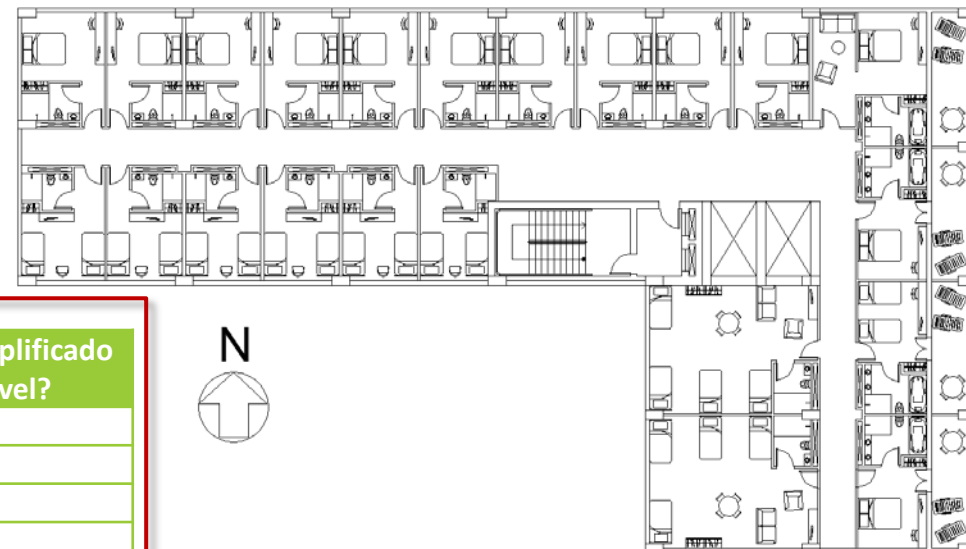
- Geração de energia elétrica fotovoltaica, ocupando em torno de 90% da cobertura do edifício.

Uso racional da água:

- Cada quarto possui um banheiro. Do total, 36 banheiros possuem um vaso sanitário e uma torneira, havendo 6 banheiros que contém também a presença de uma banheira. 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 15% da demanda.

A EDIFICAÇÃO EXEMPLO:

Verificação da viabilidade de aplicação do método simplificado:



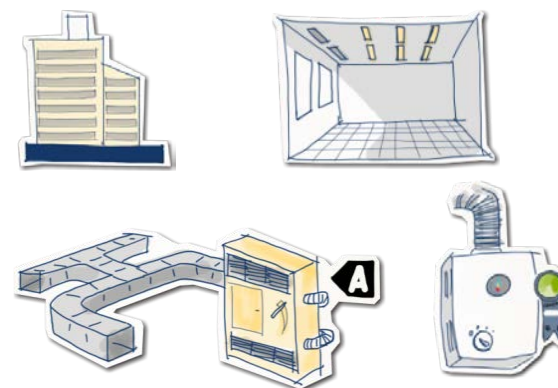
Parâmetro	Intervalo de aplicação	Dados Edif, Exemplo*	Método Simplificado é aplicável?
Densidade de Potência - equipamentos (DPE)	4 - 40 W/m ²	12,5 W/m ²	Sim
Densidade de Potência - iluminação (DPI)	4 - 40 W/m ²	9,2 W/m ²	Sim
Fator solar do vidro (FS)	0,21 - 0,87	0,60	Sim
Transmitância térmica do vidro (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	0,4	Sim
Pé-direito (Pd)	2,6 - 6,6 m	2,70 m	Sim
Percentual de abertura da fachada (PAF)	0 - 80%	33,4%	Sim
Ângulo horizontal de sombreamento (AHS)	0 - 80°	2,7°	Sim
Ângulo vertical de sombreamento (AVS)	0 - 90°	3,5°	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	2,05 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

*Dados da edificação são baseados na base de dados de hotéis de Florianópolis.

Exemplo de Aplicação

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS SUBSISTEMAS DA EDIFICAÇÃO CONFORME DISPOSTO NO ANEXO C

- Envoltória
- Sistema de Iluminação
- Sistema de Condicionamento de Ar
- Sistema de Aquecimento de Água

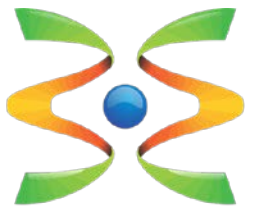




Exemplo de Aplicação

ENVOLTÓRIA

Anexo C.I



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 resfriamento.

AMBIENTES VENTILADOS NATURALMENTE :

- Obtenção dos dados através do projeto arquitetônico e simulação;
- Entradas: informações arquitetônicas e de conforto das zonas térmicas;
- Saída: **Carga térmica de ventilação natural (kWh/ano)**, que deve ser descontada das zonas térmicas condicionadas

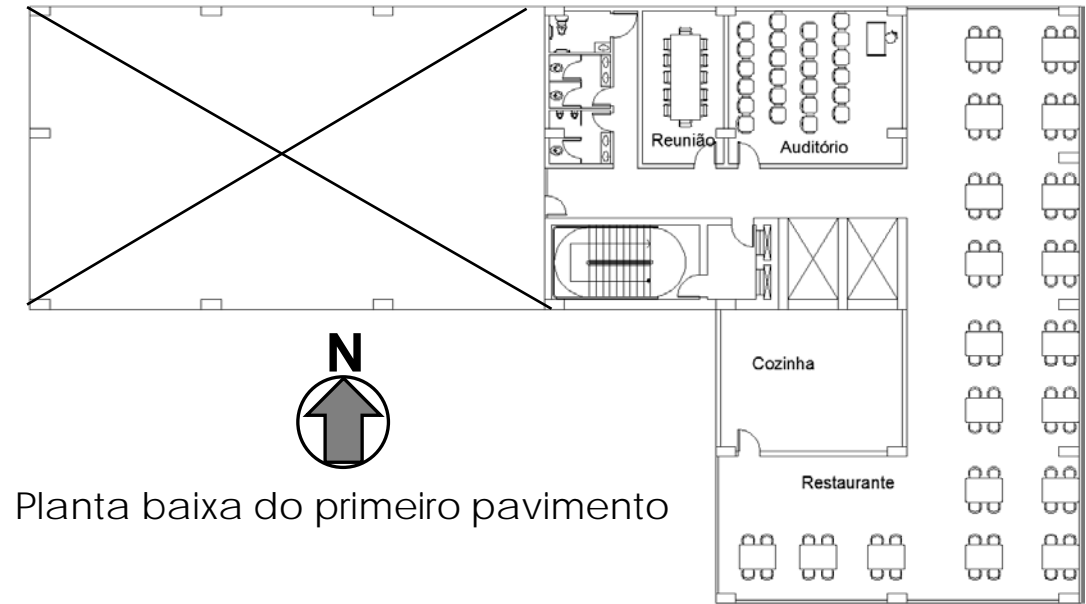
Etapas da determinação da eficiência:

- 1. Primeiro passo:** definição do uso da tipologia (ver item B.I.2.1.1);
- 2. Segundo Passo:** divisão da edificação em zonas térmicas (ver item B.I.2.1.2);
- 3. Terceiro passo:** determinação dos parâmetros de entrada da edificação real e de referência por zona térmica (ver item B.I.2.1.3);
- 4. Quarto passo:** cálculo da densidade de carga térmica para refrigeração e carga térmica total de refrigeração (ver item B.I.2.1.4);

Obs.: esta edificação exemplo não possui aproveitamento da ventilação natural.

Envoltória

EDIFICAÇÃO EXEMPLO



Envoltória

1º.: Definição do uso dos espaços e ambientes condicionados

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.

2º.: 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 as figuras a seguir, com suas respectivas áreas;
- A edificação possui 4 pavimentos;
- Primeiro pavimento está em contato com o solo;
- Para o primeiro e segundo pavimento, o piso não possui contato com o solo e a cobertura não possui contato com o exterior;
- No pavimento de cobertura a cobertura possui contato com o exterior.

Envoltória

Definição do uso dos espaços e ambientes condicionados

Para o pavimento térreo, os ambientes condicionados são: almoxarifado, recepção/hall, sala de administração e sala do gerente.

Divisão das zonas térmicas

As zonas térmicas são resultado dos diversos usos das áreas condicionadas. A Zona 9 representa as áreas de permanência transitória, ou seja, as áreas não condicionadas, não avaliadas na envoltória.



Zoneamento do pavimento térreo

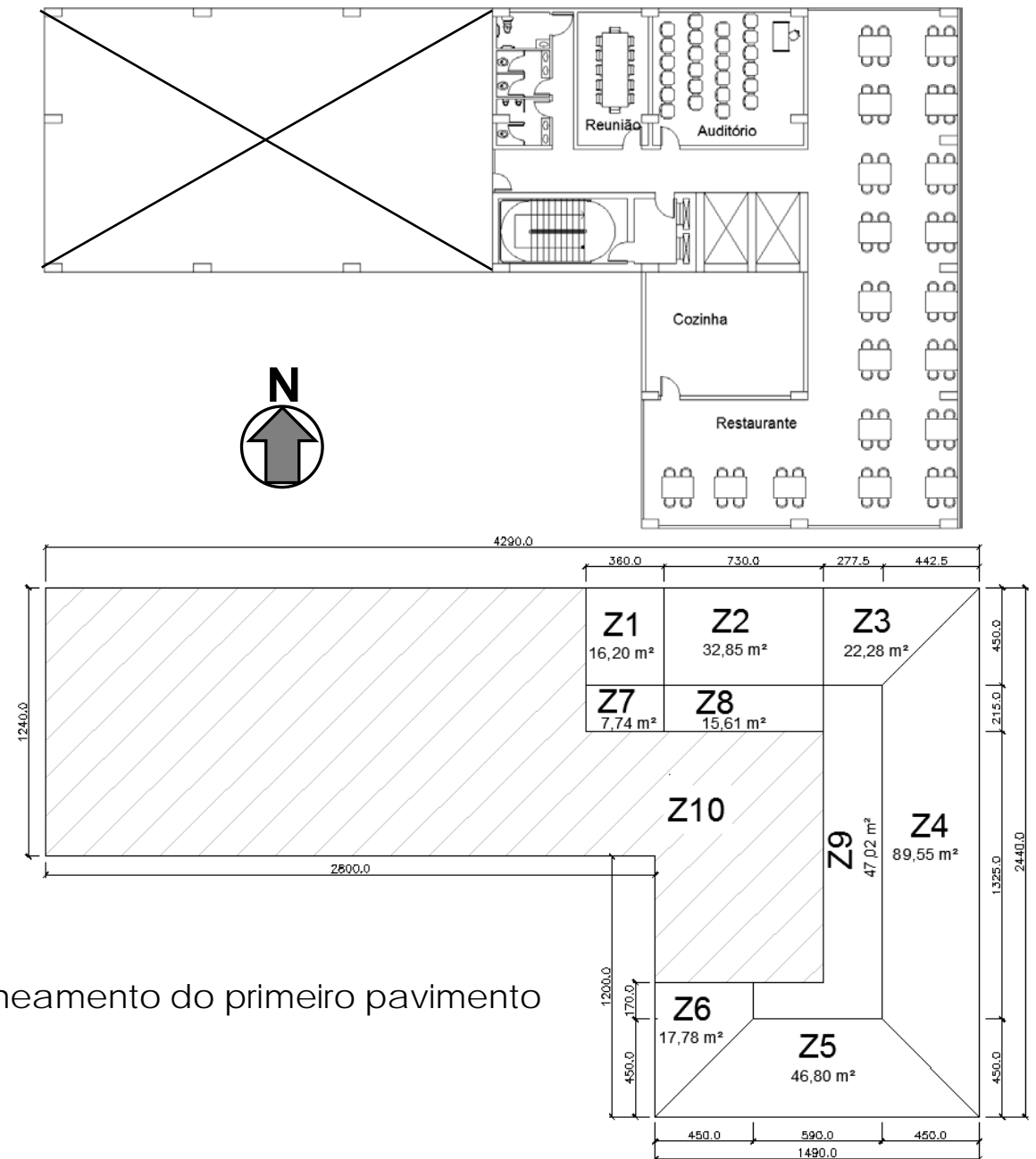
Envoltória

Definição do uso dos espaços e ambientes condicionados

Para o primeiro pavimento, os ambientes condicionados são: sala de reunião, auditório e o salão do restaurante.

Divisão das zonas térmicas

As zonas térmicas são resultado dos diversos usos das áreas condicionadas. A Zona 10 representa as áreas de permanência transitória.



Zoneamento do primeiro pavimento

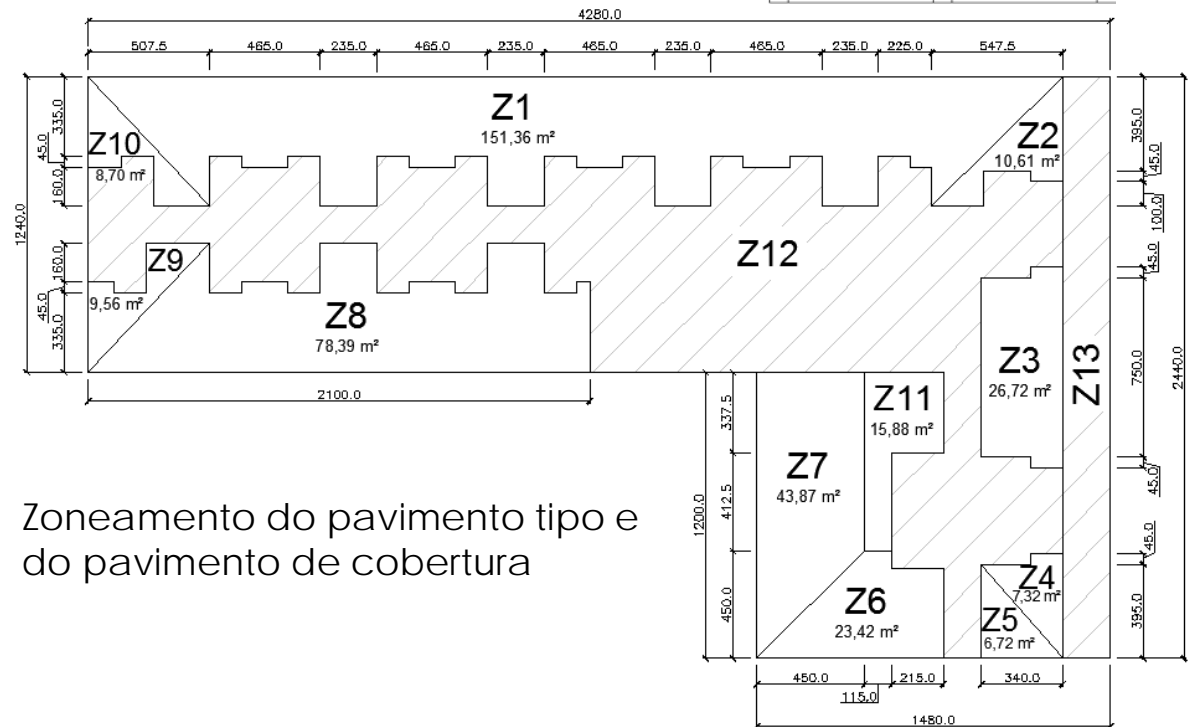
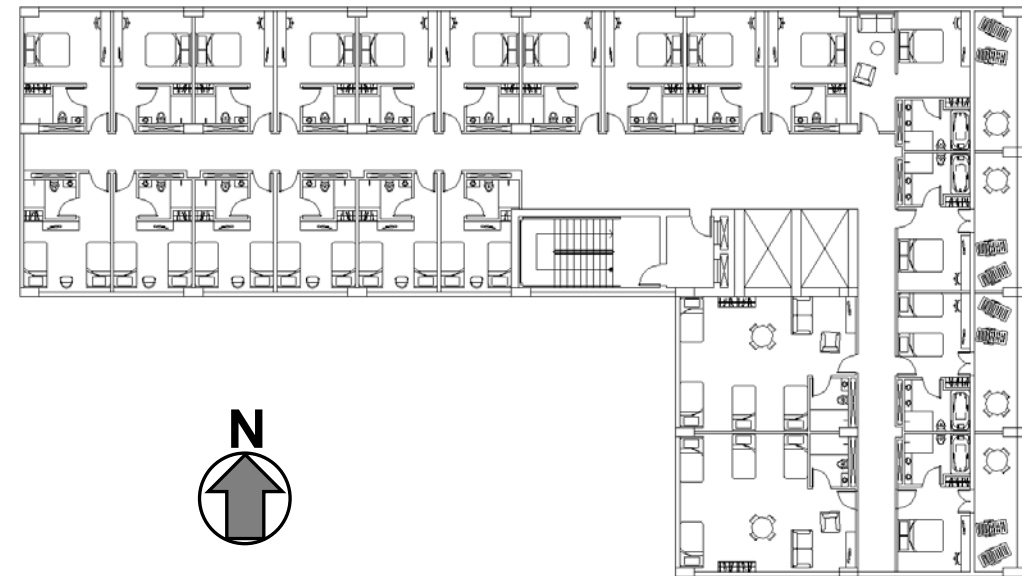
Envoltória

Definição do uso dos espaços e ambientes condicionados

Para os pavimentos tipo e cobertura, os ambientes condicionados são somente os quartos.

Divisão das zonas térmicas

As zonas térmicas são resultado dos diversos usos das áreas condicionadas. As Zonas 12 e 13 representam as áreas de permanência transitória, ou seja, as áreas não condicionadas.



Zoneamento do pavimento tipo e do pavimento de cobertura

Tabela 6 – Valores de referência para edificações de hospedagem

Uso típico: Hospedagem	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	45%
PAZ	condição real	0%
Componentes Construtivos		
Transmitância da parede externa (U)	condição real	2,46W/m ² K
Absortância da parede (α)	condição real	0,50
Capacidade térmica da parede (CTpar)	condição real	150 kJ/m ² K
Transmitância da cobertura (U)	condição real	2,05W/m ² K
Absortância da cobertura (α)	condição real	0,80
Capacidade térmica da cobertura (CTcob)	condição real	220 kJ/m ² K
FS – Fator solar do vidro	condição real	0,82
UVID - 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		
Densidade de Potência - iluminação (W/m ²)	condição real*	15,7
Densidade de ocupação (m ² /pessoa)	16,1	16,1
Densidade de Potência - equipamentos (W/m ²)	12,5	12,5
Horas de ocupação	24 horas	24 horas
Dias de ocupação	365 dias/ano	365 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
Condicionamento de ar (Refrigeração)		
COP (W/W)	condição real	2,60
Temperatura Setpoint (°C)	24,0	24,0

Envoltória

3º.: 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 hospedagem.

A referência adotada para esse exemplo foi a de **hospedagem pequena**, pois a densidade de pessoas da edificação real para a parte da edificação de função hospedagem possui densidade de 16 m²/pessoa.

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

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 - CT = 150 kJ/m²K
Cobertura	Laje maciça 10 cm - telha cerâmica U=2,05W/m²K - CT = 220 kJ/m²K
Janela	vidro laminado incolor 4 mm FS=0,60 - Uvidro=5,7W/m²K
Parede Interna	Parede interna de baixa inércia térmica

* nesta edificação, parâmetros como o ângulo de sombreamento horizontal e vertical, densidade de potência de iluminação e percentual de abertura da fachada variam de zona térmica para zona térmica, e inclusive influenciaram na divisão destas; no entanto, especificamente neste caso, os cálculos de carga térmica foram efetuados utilizando valores ponderados apresentados na tabela ao lado (coluna azul) em todas as zonas térmicas para facilitar a aplicação e reprodução deste exemplo de aplicação. No caso de uma aplicação real, devem ser utilizados os valores individuais encontrados em cada zona térmica.

Uso típico: Hospedagem	Condição real	Condição de referência
Geometria		
Forma	L	
Orientação solar (°)	0°	
Pé-direito (piso a piso) (m)	2,7m	
Aberturas		
PAF	33,5%	45%
PAZ	0%	0%
Componentes Construtivos		
Transmitância da parede externa (U)	2,46W/m²K	2,46W/m²K
Absortância da parede (α)	0,40	0,50
Capacidade térmica da parede (CTpar)	150 kJ/m²K	150 kJ/m²K
Transmitância da cobertura (U)	2,05W/m²K	2,05W/m²K
Absortância da cobertura (α)	0,30	0,80
Capacidade térmica da cobertura (CTcob)	220 kJ/m²K	220 kJ/m²K
FS – Fator solar do vidro	0,60	0,82
UVID - transmitância do vidro	5,7	5,7
AHS - ângulo horizontal de sombreamento (°)	2,7°	0°
AVS - ângulo vertical de sombreamento (°)	3,5°	0°
AOV - ângulo de obstrução vizinha (°)	0°	0°
Iluminação e ganhos		
Densidade de Potência - iluminação (W/m²)	9,2	15,7
Densidade de ocupação (m²/pessoa)	16,10	
Densidade de Potência - equipamentos (W/m²)	12,5	
Horas de ocupação	24 h	
Dias de ocupação	365 dias/ano	
Situação do piso	Contato Solo: Térreo Sem Contato Solo: Demais Pavimentos	
Situação da cobertura	Cobertura Exposta: Ultimo 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

Quinto passo: cálculo da densidade de carga térmica para refrigeração (DCT)

Nas tabelas 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.

Estimativa da rede - Condição Real				
Pavimento	Zona	Florianópolis - SC	Brasília - DF	Belém - PA
		DCT Resfriamento (kWh/m ² *ano)	DCT Resfriamento (kWh/m ² *ano)	DCT Resfriamento (kWh/m ² *ano)
Térreo	1	136,41	114,28	515,89
	2	136,41	114,28	515,89
	3	132,95	111,12	520,26
	4	121,31	101,14	501,62
	5	128,95	107,51	523,44
	6	128,95	107,51	523,44
	7	101,98	82,98	443,89
	8	101,98	82,98	443,89
Primeiro Pav.	1	244,26	238,29	527,20
	2	244,26	238,29	527,20
	3	244,26	238,29	527,20
	4	236,32	230,67	530,12
	5	214,35	209,26	509,70
	6	228,79	223,97	534,80
	7	237,39	232,05	439,12
	8	237,31	232,05	439,12
	9	237,91	232,05	439,12

Estimativa da rede - Condição Real				
Pavimento	Zona	Florianópolis - SC	Brasília - DF	Belém - PA
		DCT Resfriamento (kWh/m ² *ano)	DCT Resfriamento (kWh/m ² *ano)	DCT Resfriamento (kWh/m ² *ano)
Tipo	1	244,26	238,29	527,20
	2	236,32	230,67	530,12
	3	236,32	230,67	530,12
	4	236,32	230,67	530,12
	5	214,35	209,26	509,70
	6	214,35	209,26	509,70
	7	228,79	223,97	534,80
	8	214,35	209,26	509,70
	9	228,79	223,97	534,80
	10	228,79	223,97	534,80
	11	237,91	232,05	439,12
Cobertura	1	181,42	167,87	500,98
	2	175,87	162,59	504,72
	3	176,60	163,36	505,72
	4	176,60	163,36	505,72
	5	162,39	150,24	489,83
	6	160,57	148,33	487,24
	7	170,62	157,88	505,93
	8	162,61	150,48	490,15
	9	172,32	159,67	508,27
	10	172,32	159,42	507,94
	11	152,28	138,54	413,32

Envoltória

Quinto passo: cálculo da densidade de carga térmica para refrigeração (DCT)

Nas tabelas 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.

Estimativa da rede - Condição Referência				
Pavimento	Zona	Florianópolis - SC DCT Resfriamento (kWh/m ² *ano)	Brasília - DF DCT Resfriamento (kWh/m ² *ano)	Belém - PA DCT Resfriamento (kWh/m ² *ano)
Térreo	1	194,63	177,89	598,07
	2	194,63	177,89	598,07
	3	186,81	170,71	602,71
	4	169,20	154,46	580,68
	5	180,07	164,63	608,71
	6	180,07	164,63	608,71
	7	132,65	115,87	493,62
	8	132,65	115,87	493,62
Primeiro Pav.	1	354,15	359,89	631,74
	2	354,15	359,89	631,74
	3	354,15	359,89	631,74
	4	334,49	340,88	634,47
	5	299,95	306,11	609,22
	6	320,04	327,84	642,27
	7	301,88	298,67	499,27
	8	301,88	298,67	499,27
	9	301,88	298,67	499,27

Estimativa da rede - Condição Referência				
Pavimento	Zona	Florianópolis - SC DCT Resfriamento (kWh/m ² *ano)	Brasília - DF DCT Resfriamento (kWh/m ² *ano)	Belém - PA DCT Resfriamento (kWh/m ² *ano)
Tipo	1	354,15	359,89	631,74
	2	334,49	340,88	634,47
	3	334,49	340,88	634,47
	4	334,49	340,88	634,47
	5	299,95	306,11	609,22
	6	299,95	306,11	609,22
	7	320,04	327,84	642,27
	8	299,95	306,11	609,22
	9	320,04	327,84	642,27
	10	320,04	327,84	642,27
	11	301,88	298,87	499,27
Cobertura	1	328,11	344,34	682,29
	2	314,30	330,47	690,29
	3	314,30	330,47	690,29
	4	314,30	330,47	690,29
	5	287,46	302,69	669,40
	6	287,46	302,69	669,40
	7	305,11	322,10	695,50
	8	287,46	302,69	669,40
	9	305,11	322,10	695,50
	10	305,11	322,10	695,50
	11	274,43	289,65	573,88

Envoltória

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

Estimativa da rede - Condição Real					
Pavimento	Zona	Área da zona (m²)	Florianópolis - SC	Brasília - DF	Belém - PA
			DCT Resfr. (kWh/ano)	DCT Resfr. (kWh/ano)	DCT Resfr. (kWh/ano)
			DCT* área	DCT* área	DCT* área
Térreo	1	22,82	3112.88	2607.87	11772.61
	2	39,50	5388.20	4514.06	20377.66
	3	77,97	10366.11	8664.03	40564.67
	4	47,47	5758.59	4801.12	23811.90
	5	16,88	2176.68	1814.77	8835.67
	6	23,85	3075.46	2564.11	12484.04
	7	22,95	2340.44	1904.39	10187.28
	8	76,90	7842.26	6381.16	34135.14
Primeiro Pav.	1	16,20	3218.37	3181.53	6506.19
	2	32,85	6357.23	6267.44	13017.50
	3	22,28	3957.92	3866.56	8449.85
	4	89,55	15439.37	15108.77	34255.34
	5	46,80	7242.08	7082.93	17131.34
	6	17,78	2937.50	2881.21	6841.15
	7	7,74	1503.86	1479.77	2609.08
	8	15,61	2934.33	2881.53	5169.11
	9	47,02	7928.15	7728.26	14686.43

Edifício completo			
Cidade	Florianópolis – SC	Brasília - DF	Belém - PA
CTT (kWh/ano)	202,406.60	189,499.90	547,948.14
CTT (kWh/mês)	110.22	103.19	298.38

Estimativa da rede - Condição Real					
Pavimento	Zona	Área da zona (m²)	Florianópolis - SC	Brasília - DF	Belém - PA
			DCT Resfr. (kWh/ano)	DCT Resfr. (kWh/ano)	DCT Resfr. (kWh/ano)
			DCT* área	DCT* área	DCT* área
Tipo	1	151,36	26929.58	26312.39	57449.72
	2	10,61	1815.20	1774.83	4042.53
	3	26,72	3980.57	3806.07	9541.66
	4	7,32	1090.48	1042.68	2613.96
	5	6,72	1044.77	1022.35	2465.87
	6	23,42	3595.85	3513.75	8538.87
	7	43,87	7190.96	7046.86	16812.44
	8	78,39	12206.49	11946.54	28787.81
	9	9,56	1584.42	1554.61	2913.47
	10	8,70	1439.63	1419.29	3350.14
	11	15,88	2651.37	2582.67	4933.91
Cobertura	1	151,36	19916.50	18463.67	54514.13
	2	10,61	1355.10	1256.20	3853.94
	3	26,72	3027.72	2739.65	9215.07
	4	7,32	829.45	750.53	2524.49
	5	6,72	790.73	733.60	2367.85
	6	23,42	2725.23	2524.38	8208.86
	7	43,87	5427.17	5037.19	15990.43
	8	78,39	9236.86	8571.16	27639.56
	9	9,56	1194.36	1110.07	3500.56
	10	8,70	1085.40	1008.60	3183.58
	11	15,88	1709.35	1553.30	4664.33

Envoltória

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

Estimativa da rede - Condição Referência					
Pavimento	Zona	Área da zona (m²)	Florianópolis - SC	Brasília - DF	Belém - PA
			DCT Resfr. (kWh/ano)	DCT Resfr. (kWh/ano)	DCT Resfr. (kWh/ano)
			DCT* área	DCT* área	DCT* área
Térreo	1	22,82	4441.46	4059.45	13647.96
	2	39,50	7687.89	7026.66	23623.77
	3	77,97	14565.58	13310.26	46993.30
	4	47,47	8031.92	7332.22	27564.88
	5	16,88	3039.58	2778.95	10275.02
	6	23,85	4294.67	3926.43	14517.73
	7	22,95	3044.32	2659.22	11328.58
	8	76,90	10200.79	8910.40	37959.38
Primeiro Pav,	1	16,20	4443.29	4548.66	7624.33
	2	32,85	7870.46	7957.74	14418.44
	3	22,28	5584.44	5670.94	10009.34
	4	89,55	21204.53	21592.81	40402.88
	5	46,80	9938.25	10134.13	20274.30
	6	17,78	4028.19	4122.93	8119.49
	7	7,74	1863.42	1851.13	2931.52
	8	15,61	3127.44	3082.77	5349.76
	9	47,02	10021.02	9909.34	16662.31

Edifício completo			
Cidade	Florianópolis - SC	Brasília - DF	Belém - PA
CTT (kWh/ano)	286,448.81	286,603.39	654,778.65
CTT (kWh/mês)	155.98	156.07	356.56

Estimativa da rede - Condição Referência					
Pavimento	Zona	Área da zona (m²)	Florianópolis - SC	Brasília - DF	Belém - PA
			DCT Resfr. (kWh/ano)	DCT Resfr. (kWh/ano)	DCT Resfr. (kWh/ano)
			DCT* área	DCT* área	DCT* área
Tipo	1	151,36	35699.33	36039.26	65898.85
	2	10,61	2362.60	2391.39	4638.02
	3	26,72	5949.93	6022.42	11680.30
	4	7,32	1630.00	1649.85	3199.84
	5	6,72	1340.95	1358.92	2819.87
	6	23,42	4673.36	4736.00	9827.57
	7	43,87	9334.86	9493.87	19410.68
	8	78,39	15642.38	15852.04	32894.26
	9	9,56	1608.65	1636.05	3344.99
	10	8,70	1851.23	1882.76	3849.39
	11	15,88	3113.57	3065.33	5379.25
Cobertura	1	151,36	33590.89	35092.59	71863.76
	2	10,61	2254.55	2359.53	5092.59
	3	26,72	5677.82	5942.20	12825.07
	4	7,32	1555.45	1627.88	3513.61
	5	6,72	1305.05	1367.50	3127.61
	6	23,42	4548.27	4765.89	10900.11
	7	43,87	9037.97	9494.21	21217.76
	8	78,39	15223.70	15952.11	36484.18
	9	9,56	1969.52	2068.95	4623.70
	10	8,70	1792.35	1882.83	4207.76
	11	15,88	2899.15	3047.78	6276.49

Envoltória

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.

$$FF = \frac{A_{ENV}}{V_{TOT}} \longrightarrow FF = \frac{1.980,24}{6.590,45} = 0,30$$

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

Envoltória

Oitavo 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 5.13 a 5.20 do RTQ-C. Abaixo os coeficientes obtidos para a tipologia de hospedagem.

Grupo Climático (GCL)	Coeficiente de redução da carga térmica total anual da classe A para a classe D ($CRCT_{A-D}$)			
	$FF \leq 0,20$	$0,20 < FF \leq 0,30$	$0,30 < FF \leq 0,40$	$FF > 0,40$
1-B	0,34	0,35	0,36	0,37
10	0,34	0,35	0,37	0,39
17	0,19	0,19	0,20	0,20

GCL	Cidade
1-B	Florianópolis/SC
10	Brasília/DF
17	Belém/PA

Envoltória

Oitavo 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).

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

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

Florianópolis/SC

$$CT_{TREF} = 286.448,81 \text{ kWh/ano}$$

$$i = 33.419,02$$

Belém/PA

$$CT_{TREF} = 654.778,65 \text{ kWh/ano}$$

$$i = 41.469,31$$

Brasília/DF

$$CT_{TREF} = 286.603,65 \text{ kWh/ano}$$

$$i = 33.437,06$$

Envoltória

Oitavo 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 – FLORIANÓPOLIS - SC

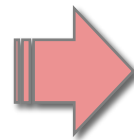
Oitavo passo: Obtenção do nível de eficiência energética da envoltória

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

FLORIANÓPOLIS - SC

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 186.191,73	> 219.610,76	> 253.029,79	>253.029,79
Limite inferior	≤ 186.191,73	≤ 219.610,76	≤ 253.029,79	≤ 286.448,81	-

Porcentagem de economia em relação ao nível D:



29,3%

$$CT_{TREAL} = 202.406,60 \text{ kWh/ano}$$



**CLASSE B
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Envoltória – BRASÍLIA - DF

Oitavo passo: Obtenção do nível de eficiência energética da envoltória

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

BRASÍLIA - DF

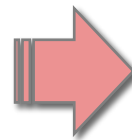
Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 186.292,20	> 219.729,26	> 253.166,33	>286.603,39
Limite inferior	< 186.292,20	≤ 219.729,26	≤ 253.166,33	≤ 286.603,39	-

$$CT_{TREAL} = 189.499,90 \text{ kWh/ano}$$



**CLASSE B
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Porcentagem de
economia em relação ao
nível D:



33,9%

Envoltória – BELÉM - PA

Oitavo passo: Obtenção do nível de eficiência energética da envoltória

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

BELÉM - PA

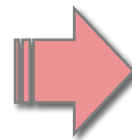
Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 530.370,70	> 571.840,02	> 613.309,33	>654.778,65
Limite inferior	< 530.370,70	≤ 571.840,02	≤ 613.309,33	≤ 654.778,65	-

$$CT_{TREAL} = 547.948,14 \text{ kWh/ano}$$

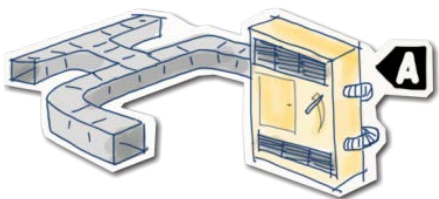


**CLASSE B
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Porcentagem de
economia em relação ao
nível D:



16,3%



Exemplo de Aplicação

AR CONDICIONADO

Anexo C.III



CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

Condicionamento de ar – Método simplificado

Etapas da determinação da eficiência:

- **SISTEMAS ETIQUETADOS PELO INMETRO:** Aparelhos de janela e/ou *split*
 1. verifica-se a classe de eficiência dos condicionadores de ar etiquetados pelo Inmetro (condicionadores de ar do tipo janela e/ou split) na página eletrônica do Inmetro (<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>). Deve-se adotar a classificação da ENCE obtida nas tabelas do PBE/Inmetro, considerando a última versão publicada (novos índices), identificando o coeficiente de eficiência energética da máquina;
 2. listam-se os condicionadores regulamentados presentes na edificação, e seu respectivo coeficiente de eficiência energética da máquina;
 3. calcula-se uma média entre os diferentes coeficientes de eficiência energética da máquina de acordo com o número de máquinas etiquetadas;
 4. determina-se a classe alcançada;
 5. caso o sistema obtenha classe A, verifica-se o atendimento ao requisito específico (item B.II.1.2) para cada condicionador de ar. Caso os requisitos não sejam atendidos, a nova classificação do sistema alcançará no máximo a classe B.

Condicionamento de ar

EDIFICAÇÃO EXEMPLO: Sistema *split* etiquetado pelo INMETRO

Consulta às tabelas do INMETRO

No edifício exemplo, **todas** as máquinas instaladas possuem **COP 3,24** e **CEE > 3,23**.

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

Verificação do requisito de isolamento de tubulações;

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

Tabela 44. 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	≤ 10 mm	10 ≤ a ≤ 30 mm	> 30 mm
0 < T < 16	0,032 a 0,040	20°C	0,9 cm	1,3 cm	1,9 cm

Requisito OK

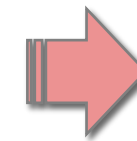
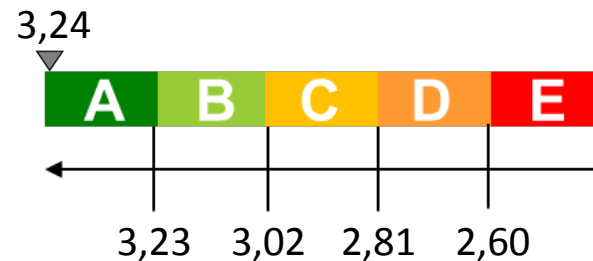
Condicionamento de ar

SISTEMAS ETIQUETADOS PELO INMETRO:

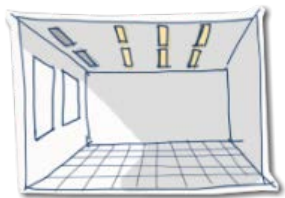
Para estes sistemas, deve ser verificado o coeficiente de eficiência energética (CEE) dos equipamentos. Na edificação deste exemplo, como temos classe A de eficiência energética, o CEE é maior que 3,23.

	Condição real	Condição de referência (D)
COP (W/W)	3,24	2,60
Classificação	A	D

Condicionamento de ar



**CLASSE A
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**



Exemplo de Aplicação

ILUMINAÇÃO

Anexo C.II



CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

Sistema de Iluminação – Método simplificado

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 total 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).

Sistema de Iluminação – Método simplificado

Etapas para a determinação da eficiência:

1. **Primeiro passo:** definição do método de avaliação; neste exemplo o método das atividades foi utilizado por se tratar de um espaço que possui mais de três atividades principais distintas.
2. **Segundo passo:** identificar as atividades dos ambientes da edificação ou áreas iluminadas de mesma atividade compostas de mais de um ambiente, de acordo com a Tabela B.III.2, e a respectiva densidade de potência de iluminação limite da condição de referência (DPILR). Para edificações com atividades não listadas na Tabela B.III.2, deve-se adotar uma atividade equivalente.
3. **Terceiro passo:** determinar a área iluminada (AI) da edificação para cada uma das atividades.
4. **Quarto passo:** multiplicar a área iluminada (AI) de cada uma das atividades pela DPIL para encontrar a potência limite da atividade (PL) conforme a Equação B.III.1, e somar todas as potências limite, conforme Equação B.III.2. Determinar a potência limite total para a condição de referência D, que será equivalente à potência total instalada (PITREF). O mesmo procedimento deve ser realizado para a condição equivalente à classe A (PITA).

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

Sistema de Iluminação – Método simplificado

Etapas para a determinação da eficiência:

1. **Quinto passo:** computar os sistemas de controle de iluminação, quando existentes.
2. **Sexto passo:** Aplicar os fatores de ajuste de potência (FAP, ver Tabela 5.23 e Equação 5.12 do item aos circuitos controlados pelos mesmos apenas para a condição real, e calcular a potência instalada total da condição real (PIT). **Terceiro passo:** determinar a área iluminada (AI) da edificação para cada uma das atividades.
3. **Sétimo passo:** a classe da edificação será determinada pelo valor da sua potência instalada total (PIT), que deve ser menor que a potência limite da edificação de referência da classe imediatamente inferior, e maior que a da edificação de referência da próxima classe imediatamente superior, quando aplicável, conforme a Tabela B.III.2.

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

Iluminação

determinação da(s) atividade(s) do edifício

Edifício de hospedagem

determinação da potência instalada do edifício ou parcela do edifício a ser avaliada

Iluminação com potência instalada total de 16.900W (informação do projeto luminotécnico).

escolha do método a ser utilizado

O método escolhido para a edificação exemplo foi o método das atividades do edifício.

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 das atividades:

Identificar as atividades dos ambientes da edificação ou áreas iluminadas de mesma atividade compostas de mais de um ambiente, de acordo com a Tabela 37, e a respectiva densidade de potência de iluminação limite da condição de referência (DPI_{LR}).

Tabela B.III.2. Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_L) para a classe de eficiência pretendida – Método das atividades da edificação

Ambientes/Atividades	DPI _L	DPI _L	DPI _L	DPI _L
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
	[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]	[W/m ²]
Armazém, Atacado				
Material pequeno/leve	7,45	10,39	13,36	16,32
Auditórios e Anfiteatros				
Auditório	11,50	12,21	12,91	13,60
Banheiros	9,15	10,68	12,20	13,73
Circulação	7,10	8,52	9,94	11,36
Cozinhas	11,40	13,31	15,22	17,12
Escadas	6,25	8,11	9,97	11,84
Escritório	10,00	13,02	16,03	19,04
Hall de Entrada				
Hotel	11,40	11,87	12,34	12,80
Quartos de Hotel	8,30	9,86	11,43	13,00
Restaurante				
Salão	7,65	10,21	12,79	15,36
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso	11,50	14,03	16,53	19,04

Iluminação

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

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

Determinação AI:

Os ambientes devem contém indicação de área no projeto arquitetônico

Densidade de potência limite de referência para cada atividade (DPI_L):

Tabela 37. Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para a classe de eficiência pretendida – Método das atividades da edificação

Ambientes/Atividades	DPI_L	DPI_L	DPI_L	DPI_L
	Classe A [W/m ²]	Classe B [W/m ²]	Classe C [W/m ²]	Classe D [W/m ²]
Armazém, Atacado				
Material pequeno/leve	7,45	10,39	13,36	16,32
Material médio/volumoso	3,80	5,19	6,59	8,00
Banheiros	9,15	10,68	12,20	13,73
Circulação	7,10	8,52	9,94	11,36

Iluminação

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

Determinação das potências limite instaladas:

Ambientes/Atividades	Área total (m ²)	P _{LR}	P _{LR}	P _{LR}	P _{LR}
		Classe A [W/m ²]	Classe B [W/m ²]	Classe C [W/m ²]	Classe D [W/m ²]
Armazém, Atacado					
Material pequeno/leve	20,47	153	213	273	334
Auditórios e Anfiteatros					
Auditório	44,37	510	542	573	603
Banheiros	186,79	1709	1995	2279	2565
Circulação	320,40	2275	2730	3185	3640
Cozinhas	42,92	489	571	653	735
Escadas	77,64	485	630	774	919
Escritório	42,55	426	554	682	810
Hall de Entrada					
Hotel	172,80	1970	2051	2132	2212
Quartos de Hotel	676,32	5613	6669	7730	8792
Restaurante					
Salão	214,83	1643	2193	2748	3300
Sala de Reuniões	20,62	237	289	341	393
Soma das atividades	1819,71	15511	18436	21370	24302

Iluminação

Sexto passo: comparar a potência instalada da edificação real com a potência instalada da condição de referência (limite) para determinação da classe de eficiência.

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	-	$> PI_{TREF} - 3i$	$> PI_{TREF} - 2i$	$> PI_{TREF} - i$	$> PI_{TREF}$
Limite inferior	$\leq PI_{TREF} - 3i$	$\leq PI_{TREF} - 2i$	$\leq PI_{TREF} - i$	$\leq PI_{TREF}$	-

Iluminação

Sexto passo: comparar a potência instalada da edificação real com a potência instalada da condição de referência (limite) para determinação da classe de eficiência.

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Observa-se que:

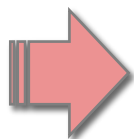
PI_{TREF} = é o nível D, logo seu valor é igual a 24.302W.

PI_{TA} = corresponde a potência total instalada do nível A para o método escolhido, logo é igual a 15.511W

$$i = \frac{(24.302 - 15.511)}{3} = 2.930W$$

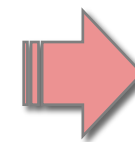
Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 15.511	> 18.441	> 21.372	> 24.302
Limite inferior	≤ 15.511	≤ 18.441	≤ 21.372	≤ 24.302	-

$$PI_{TREAL} = 16.900W$$



**CLASSE B
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

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



30,5%



Exemplo de Aplicação

AQUECIMENTO DE ÁGUA

Anexo C.VI



CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

Aquecimento de água – Método simplificado

A avaliação do sistema de aquecimento de água é feita a partir do consumo de energia térmica/elétrica do sistema de aquecimento de água : $CAQ_{T/E}$

Compara-se o consumo de energia primária necessária para atender a demanda de água quente da edificação real com o consumo de energia primária necessária para atender a demanda de água quente da edificação utilizando-se as condições de referência,

Etapas da determinação da eficiência:

1. **Primeiro passo:** verificação da tipologia e consumo de água quente (tabelas);
2. **Segunda etapa:** verificação de atendimento aos requisitos do sistema;
3. **Terceiro Passo:** cálculo do consumo de energia para atender a demanda de água quente;
4. **Quarto passo:** cálculo da energia para aquecimento de água proveniente de energia solar térmica;
5. **Quinto passo:** cálculo das perdas de energia na distribuição da água;
6. **Sexto passo:** determinação do consumo de energia primária em aquecimento de água da edificação real (equipamentos reais);
7. **Sétimo passo:** determinação do consumo de energia primária em aquecimento de água do modelo de referência (equipamento: resistência elétrica);
8. **Oitavo passo:** classificação do sistema a partir de comparação da condição real com a condição de referência.

Aquecimento de água

Primeiro passo: tipologia e consumo de água quente

- Edifício de hospedagem com 44 leitos que atendem até 96 pessoas/dia e fornece 100 litros por leito, 365 dias por ano; sistema de aquecimento de água solar e complemento a gás;
- Fatores de emissão de CO₂ (kg.CO₂/kWh): 0,227 para gás liquefeito de petróleo (GLP);
0,090 para eletricidade;
- Foram consideradas perdas térmicas na tubulação de distribuição e no reservatório de armazenamento;

Segundo passo: verificação de atendimento aos requisitos

Critérios	Situação
Automação do sistema de recirculação	Não existente no edifício exemplo
Isolamento térmico do circuito de distribuição	Ok, edificação exemplo atende
Limite para perdas dos reservatórios de água quente	Ok, edificação exemplo atende

Sistema apto para o nível A

Aquecimento de água

Terceiro passo: cálculo do consumo de energia diária para atender a demanda de água quente no edifício exemplo conforme a equação abaixo:

$$C_{AA} = N_{ano} \cdot \frac{E_{AA} - E_{AA,rec,sol} + E_{AA,per,tub} + E_{AA,per,rec} + E_{AA,res}}{r_{aq}}$$

0
↓
Edifício exemplo não possui sistema recirculação

C_{AA}	Consumo de energia para aquecimento de água [kWh/dia];
E_{AA}	Energia consumida no atendimento da demanda de água quente [kWh/dia];
$E_{AA,rec,sol}$	Energia para aquecimento de água proveniente de sistemas que recuperam calor ou energia solar térmica, quando existentes na edificação real [kWh/dia];
$E_{AA,per,tub}$	Energia consumida para suprir perdas térmicas de distribuição, se existentes na edificação real, sem contar o sistema de recirculação [kWh/dia];
$E_{AA,per,rec}$	Energia consumida para suprir perdas térmicas de sistemas de recirculação, se existentes na edificação real [kWh/dia];
$E_{AA,res}$	Energia consumida para suprir perdas térmicas devido ao armazenamento de água quente em reservatórios, se existentes na edificação real [kWh/dia];
r_{aq}	Nível de eficiência do equipamento aquecedor de água [%];

Aquecimento de água

Terceiro passo: cálculo do consumo de energia diária para atender a demanda de água quente no edifício exemplo

Energia consumida no atendimento da demanda de água quente:

$$E_A = 1,162 \cdot V_{dia} \cdot (\theta_{A,uso,armaz} - \theta_{A,0})$$

E_A energia consumida no atendimento da demanda diária de água quente [kWh/dia];
 V_{dia} volume diário de água quente a uma determinada temperatura [m³/dia];
 $\theta_{A,uso,armaz}$ temperatura de uso ou de armazenamento de água quente [°C];
 $\theta_{A,0}$ temperatura da água fria [°C].

V_{dia} 100 litros por leito = 0,100 m³/dia; 44 leitos. $V_{dia} = 4,40$ m³/dia
 $\theta_{A,uso,armaz}$ Temperatura de armazenamento (°C) = 60°C
 $\theta_{A,0}$ Temperatura da água fria fornecida pela rede (°C)

→ Florianópolis = 18,9°C
→ Belém = 25,2°C
→ Brasília = 19,1°C

Florianópolis/SC

$$E_{AA} = 210,14 \text{ kWh/dia}$$

Belém/PA

$$E_{AA} = 177,93 \text{ kWh/dia}$$

Brasília/DF

$$E_{AA} = 209,11 \text{ kWh/dia}$$

→ CONDIÇÃO REAL

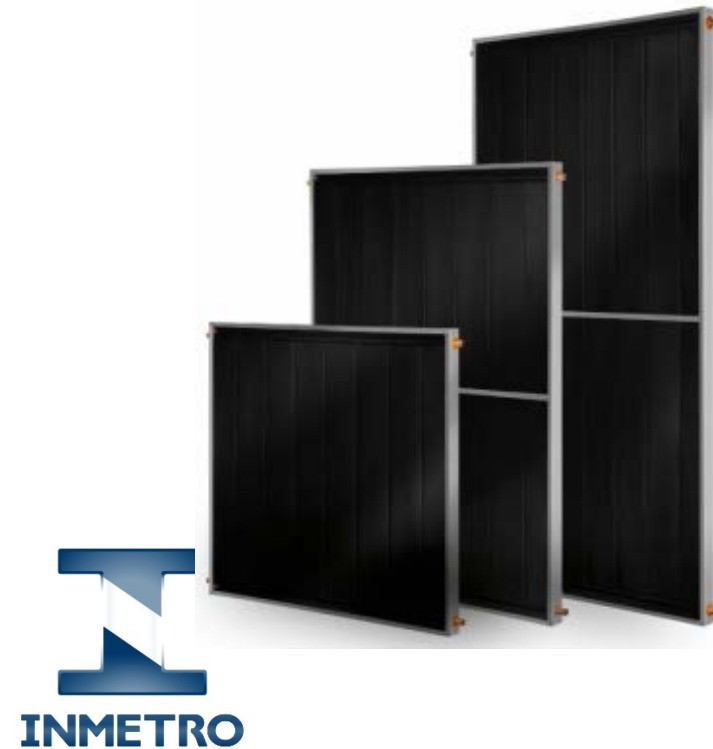
→ CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA

Aquecimento de água

Quarto passo: cálculo da energia para aquecimento de água proveniente de energia solar térmica

Dados adotados para os coletores solar:

Classificação do Inmetro	A
Dimensões (L x A x P)	1.029 x 2.022 x 67 mm
Área unitária	2,08 m ²
Número de placas	20
Área total	41,60 m ²
Eficiência energética adotada	60%
$F_R (\tau\alpha)_n$	0,831
$F_R U_L$	3,71 W/(m ² .K)
Pressão máx. admissível	600kPa



Aquecimento de água

Quarto passo: cálculo da energia para aquecimento de água proveniente de energia solar térmica

Cálculo da energia solar mensal incidente (Elmês)

*Tabela referente aos dados da cidade de Florianópolis

Mês	H _{dia} (kWh/m ² dia)*	N (dias)	El _{mês} (kWh/m ² mês)
Janeiro	4,96	31	153,8
Fevereiro	4,95	28	138,6
Março	4,86	31	150,7
Abril	4,51	30	135,3
Mai	4,13	31	128,0
Junho	3,80	30	114,0
Julho	3,97	31	123,1
Agosto	4,28	31	132,7
Setembro	4,18	30	125,4
Outubro	4,40	31	136,4
Novembro	4,79	30	143,7
Dezembro	5,03	31	155,9

$$El_{mês,i} = H_{dia} \cdot N_i$$

$El_{mês,i}$

média anual da energia solar mensal incidente sobre as superfícies dos coletores (kWh/(m².mês))

H_{dia}

radiação solar incidente no plano inclinado (kWh/(m².dia)), obtida em mapas solarimétricos e variável em função do local de instalação

N_i

número de dias do mês “i”, tal que i = 1, 2, 3, ..., 12.

Aquecimento de água

Quarto passo: cálculo da energia para aquecimento de água proveniente de energia solar térmica

$$K_2 = \frac{(11,6 + 1,18 T_{AC} + 3,86 T_{AF,i} - 2,32 T_{AMB,i})}{(100 - T_{AMB,i})}$$

Cálculo do K_1 e $K_{2,i}$

$$K_1 = \left[\frac{V}{75 \cdot S_c} \right]^{-0,25}$$

V volume de acumulação solar de 4000 litros

S_c superfície do coletor solar de 41,6 m²

K1	0,9398
----	--------

T_{AC} temperatura mínima admissível da água quente;

$T_{AF,i}$ temperatura média mensal de água fria no mês “ i ” (°C);

$T_{AMB,i}$ temperatura média mensal do local de instalação do coletor no mês “ i ” (°C).

Mês	T _{AC} (°C)	T _{AF} (°C)*	T _{AMB} (°C)*	K _{2,i}
Janeiro	40	22,3	24,3	1,169
Fevereiro	40	22,2	24,2	1,165
Março	40	21,6	23,6	1,144
Abril	40	20,3	22,3	1,099
Maiο	40	17,4	19,4	1,006
Junho	40	16,7	18,7	0,981
Julho	40	15,5	17,5	0,947
Agosto	40	14,4	16,4	0,914
Setembro	40	15,8	17,8	0,956
Outubro	40	19,3	21,3	1,064
Novembro	40	20,2	22,2	1,097
Dezembro	40	21,4	23,4	1,139

*Tabela referente aos dados da cidade de Florianópolis

Aquecimento de água

Quarto passo: cálculo da energia para aquecimento de água proveniente de energia solar térmica

Cálculo da energia solar mensal não aproveitada pelos coletores (EPmês)

$$EP_{mês,i} = S_c \cdot F'_{RUL} \cdot (100 - T_{AMB,i}) \cdot \Delta T_i \cdot K_1 \cdot K_{2,i}$$

F'_{RUL} fator, em kW/(m².K);

ΔT_i período de tempo considerado (horas) no mês "i", tal que i = 1, 2, 3, ..., 12.

*Tabela referente aos dados da cidade de Florianópolis

Mês	F'RU _L	T _{AMB} (°C)*	ΔT (horas)	K _{1,i}	K _{2,i}	EP _{mês} (kWh/m ² mês)
Janeiro	0,0035	24,3	744	0,940	1,169	9.070,9
Fevereiro	0,0035	24,2	672	0,940	1,165	8.179,8
Março	0,0035	23,6	744	0,940	1,144	8.959,2
Abril	0,0035	22,3	720	0,940	1,099	8.472,7
Maio	0,0035	19,4	744	0,940	1,006	8.305,6
Junho	0,0035	18,7	720	0,940	0,981	7.917,0
Julho	0,0035	17,5	744	0,940	0,947	8.005,9
Agosto	0,0035	16,4	744	0,940	0,914	7.832,6
Setembro	0,0035	17,8	720	0,940	0,956	7.793,6
Outubro	0,0035	21,3	744	0,940	1,064	8.591,4
Novembro	0,0035	22,2	720	0,940	1,097	8.462,1
Dezembro	0,0035	23,4	744	0,940	1,139	8.937,3

Aquecimento de água

Quarto passo: cálculo da energia para aquecimento de água proveniente de energia solar térmica

Cálculo da energia solar mensal absorvida pelos coletores (ESAmês)

$$E_{SAmês,i} = S_c \cdot F'_R(\tau\alpha) \cdot EI_{mês,i}$$

$F_R(\tau\alpha)_n$ fator de eficiência óptica do coletor, obtido nas tabelas do PBE para coletores solares (adimensional);

$\left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right]$ modificador do ângulo de incidência;

$\frac{F'_R}{F_R}$ fator de correção do conjunto coletor/trocador.

$$F'_R(\tau\alpha) = F_R(\tau\alpha)_n \cdot \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \cdot \frac{F'_R}{F_R}$$

$$F'_R(\tau\alpha) = 0,831 * 0,96 * 0,95$$

$$F'_R(\tau\alpha) = 0,7579$$

*Tabela referente aos dados da cidade de Florianópolis

Mês	Elmês (kWh/m²mês)	F'R(τα)	ESAmês (kWh/mês)
Janeiro	153,8	0,7579	4.848
Fevereiro	138,6	0,7579	4.370
Março	150,7	0,7579	4.750
Abril	135,3	0,7579	4.266
Maio	128,0	0,7579	4.036
Junho	114,0	0,7579	3.594
Julho	123,1	0,7579	3.880
Agosto	132,7	0,7579	4.183
Setembro	125,4	0,7579	3.954
Outubro	136,4	0,7579	4.300
Novembro	143,7	0,7579	4.530
Dezembro	155,9	0,7579	4.916

Aquecimento de água

Quarto passo: cálculo da energia para aquecimento de água proveniente de energia solar térmica

Cálculo de $D_{1,i}$ e $D_{2,i}$

$$D_{1,i} = \frac{E_{SAmês,i}}{E_{AA} \cdot Ni}$$

*Tabelas referentes aos dados da cidade de Florianópolis

$$D_2 = \frac{EP_{mês,i}}{E_{AA} \cdot Ni}$$

Mês	$E_{SAmês}$ (kWh/mês)	N (dias)	E_{AA} (kWh/dia)	D_1
Janeiro	4.848	31	210,1	0,744
Fevereiro	4.370	28	210,1	0,743
Março	4.750	31	210,1	0,729
Abril	4.266	30	210,1	0,677
Mai	4.036	31	210,1	0,620
Junho	3.594	30	210,1	0,570
Julho	3.880	31	210,1	0,596
Agosto	4.183	31	210,1	0,642
Setembro	3.954	30	210,1	0,627
Outubro	4.300	31	210,1	0,660
Novembro	4.530	30	210,1	0,719
Dezembro	4.916	31	210,1	0,755

Mês	$EP_{mês}$ (kWh/m ² mês)	N (dias)	E_{AA} (kWh/dia)	D_2
Janeiro	9.070,9	31	210,1	1,392
Fevereiro	8.179,8	28	210,1	1,390
Março	8.959,2	31	210,1	1,375
Abril	8.472,7	30	210,1	1,344
Mai	8.305,6	31	210,1	1,275
Junho	7.917,0	30	210,1	1,256
Julho	8.005,9	31	210,1	1,229
Agosto	7.832,6	31	210,1	1,202
Setembro	7.793,6	30	210,1	1,236
Outubro	8.591,4	31	210,1	1,319
Novembro	8.462,1	30	210,1	1,342
Dezembro	8.937,3	31	210,1	1,372

Aquecimento de água

Quarto passo: cálculo da energia para aquecimento de água proveniente de energia solar térmica

Cálculo da fração solar e da energia para aquecimento solar de água

$$f_i = 1,029D_{1,i} - 0,065D_{2,i} - 0,245(D_{1,i})^2 + 0,0018(D_{2,i})^2 + 0,0215(D_{1,i})^3$$

*Tabela referente aos dados da cidade de Florianópolis

$$E_{AA,sol} = \frac{\sum_{i=1}^{12} f_i \cdot E_{AA} \cdot N_i}{365}$$

CONDIÇÃO REAL

Mês	D1	D2	fi*	EAA (kWh/dia)	N (dias)	EAA, sol (kWh/dia)*
Janeiro	0,744	1,392	0,552	210,1	31	3.595,3
Fevereiro	0,743	1,390	0,551	210,1	28	3.241,9
Março	0,729	1,375	0,542	210,1	31	3.533,3
Abril	0,677	1,344	0,507	210,1	30	3.194,0
Mai	0,620	1,275	0,469	210,1	31	3.053,3
Junho	0,570	1,256	0,432	210,1	30	2.724,7
Julho	0,596	1,229	0,453	210,1	31	2.953,3
Agosto	0,642	1,202	0,490	210,1	31	3.191,2
Setembro	0,627	1,236	0,477	210,1	30	3.004,9
Outubro	0,660	1,319	0,496	210,1	31	3.231,8
Novembro	0,719	1,342	0,537	210,1	30	3.384,9
Dezembro	0,755	1,372	0,560	210,1	31	3.651,0

Florianópolis/SC

$$E_{AA,sol} = 106,19 \text{ kWh/dia}$$

50% da demanda

Belém/PA

$$E_{AA,sol} = 112,84 \text{ kWh/dia}$$

63% da demanda

Brasília/DF

$$E_{AA,sol} = 120,13 \text{ kWh/dia}$$

57% da demanda

Aquecimento de água

Quinto passo: cálculo das perdas de energia na distribuição da água

Perda térmica na tubulação do sistema de distribuição de água quente

Condição de referência = tubulação de diâmetro de 22 mm (isolamento 5 mm);

Condição real = tubulação de diâmetro de 22 mm (isolamento 13 mm);

calculado conforme equação **C.IV.18**:

$$E_{A,per,tub} = F_{per,tub} \cdot L_{tub}$$

$$E_{A,per,tub} = 60,68 \text{ kWh/dia}$$

CONDIÇÃO REAL

$$E_{A,per,tub} = 123,49 \text{ kWh/dia}$$

CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA

$E_{A,per,tub}$

perda térmica na tubulação do sistema de distribuição de água quente, sem recirculação (kWh/dia);

$F_{per,tub}$

é o fator de perdas térmicas por metro de tubulação;

L_{tub}

comprimento da tubulação de 354,85 metros.

Tabela B4 – Fatores de perda em função de comprimento da tubulação

Diâmetro nominal da tubulação (mm)	Diâmetro de referência (polegadas)	Espessura do isolamento térmico (mm)					
		5	10	13	19	22	25
Fator de perda (kWh/dia/m)							
15	½	0,275	0,167	0,140	0,111	0,102	0,096
22	¾	0,348	0,206	0,171	0,133	0,122	0,113
28	1	0,424	0,247	0,203	0,156	0,142	0,131

Aquecimento de água

Quinto passo: cálculo das perdas de energia na distribuição da água

Perda térmica no reservatório de armazenamento de água quente

Condição de referência = Condição real
calculado conforme equação **C.IV.20**:

$$E_{AA,res} = \frac{(\theta_{A,res,med} - \theta_{amb,med})}{\Delta\theta_{A,res,sby}} \cdot E_{AA,res,sby}$$

Florianópolis/SC

$$E_{AA,res} = 7,19 \text{ kWh/dia}$$

Belém/PA

$$E_{AA,res} = 6,03 \text{ kWh/dia}$$

Brasília/DF

$$E_{AA,res} = 7,15 \text{ kWh/dia}$$

$E_{A,res}$ perda térmica do reservatório de água quente (kWh/dia);

$\theta_{A,res,med}$ média de temperatura no reservatório de 60°C;

$\theta_{amb,med}$ média de temperatura no ambiente

Florianópolis = 20,9°C

Belém = 27,2°C

Brasília = 21,1°C

$\Delta\theta_{A,res,sby}$ média da diferença de temperatura em testes com o reservatório em *standby* (°C). Adota-se 29°C;

$E_{A,res,sby}$ perda térmica específica do reservatório em *standby*.

Tabela B5 – Perda específica térmica de reservatório de água quente em *standby*

Volume de Reservatório (litros)	Perdas (kWh/dia)
100	0,865
800	4,798
≥ 1000	5,331

Aquecimento de água

Sexto passo: determinação do consumo de energia primária em aquecimento de água da edificação real

Nível de eficiência do equipamento aquecedor de água (gás) [%] – Dado fornecido pelo fabricante:

CONDIÇÃO REAL (AQUECEDOR A GÁS):

$$r_{aq} = 0,75$$

Consumo de energia térmica para aquecimento de água

$$C_{AA,t} = N_{ano} \cdot \frac{E_{AA} - E_{AA,rec_sol} + E_{AA,per,tub} + E_{AA,res}}{r_{aq}}$$

CONDIÇÃO REAL

Florianópolis/SC

$$C_{AA,t} = 83.615 \text{ kWh/ano}$$

Belém/PA

$$C_{AA,t} = 64.140 \text{ kWh/ano}$$

Brasília/DF

$$C_{AA,t} = 76.318 \text{ kWh/ano}$$

Aquecimento de água

Sexto passo: determinação do consumo de energia primária em aquecimento de água da edificação real

Consumo de energia primária para aquecimento de água

$$E_{AA,tot} = f_{ce} \cdot C_{AAe} + f_{ct} \cdot C_{AAt}$$

Edifício exemplo não possui sistema elétrico

Tabela 4. Fatores de conversão de energia elétrica e gás em energia primária

Fonte de energia	Fator de conversão
Eletricidade	1,5
Gás Natural	1,1
GLP	1,1

CONDIÇÃO REAL

Florianópolis/SC

$E_{AA,tot} = 91.977$ kWh/ano

Belém/PA

$E_{AA,tot} = 70.554$ kWh/ano

Brasília/DF

$E_{AA,tot} = 83.950$ kWh/ano

Aquecimento de água

Sétimo passo: determinação do consumo de energia primária em aquecimento de água do modelo de referência

Nível de eficiência do equipamento aquecedor de água (elétrico) [%] – Dado fixo pelo novo método:

CONDIÇÃO REFERÊNCIA (SISTEMA COM BOILER ELÉTRICO): $r_{aq} = 0,85$

Consumo de energia elétrica para aquecimento de água

$$C_{AAe} = N_{ano} \cdot \frac{E_{AA} - E_{AA,rec_sol} + E_{AA,per,tub} + E_{AA,res}}{r_{aq}}$$

CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA

Florianópolis/SC

$C_{AA,e} = 146.348$ kWh/ano

Belém/PA

$C_{AA,e} = 132.020$ kWh/ano

Brasília/DF

$C_{AA,e} = 145.894$ kWh/ano

Aquecimento de água

Sétimo passo: determinação do consumo de energia primária em aquecimento de água do modelo de referência

Consumo de energia primária para aquecimento de água

$$E_{AA,tot} = f_{ce} \cdot C_{AAe} + f_{ct} \cdot C_{AAt}$$

0
↓

Referência não possui sistema térmico

Tabela 4. Fatores de conversão de energia elétrica e gás em energia primária

Fonte de energia	Fator de conversão
Eletricidade	1,5
Gás Natural	1,1
GLP	1,1

CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA

Florianópolis/SC

$E_{AA,tot} = 219.523$ kWh/ano

Belém/PA

$E_{AA,tot} = 198.029$ kWh/ano

Brasília/DF

$E_{AA,tot} = 218.840$ kWh/ano

Aquecimento de água

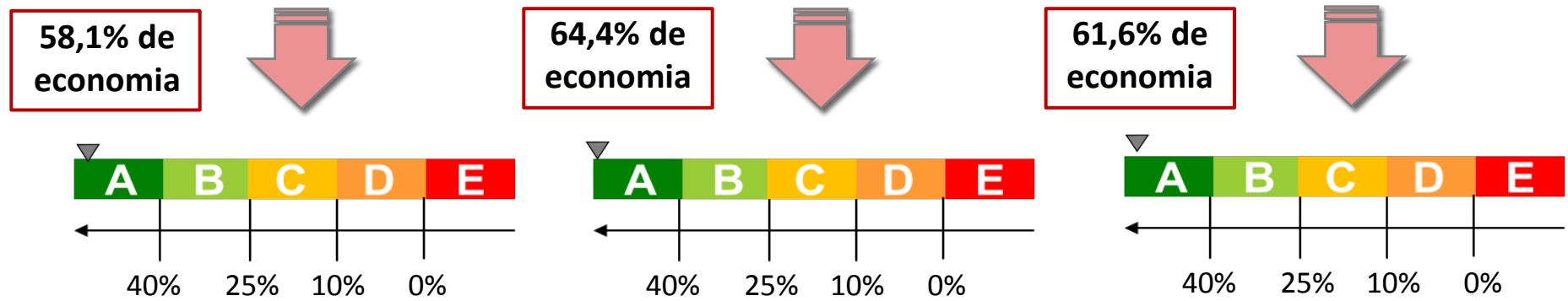
Oitavo passo: classificação do sistema a partir de comparação da condição real com a condição de referência

Consumo de energia primária para aquecimento de água

$$E_{AA,tot} = f_{ce} \cdot C_{AAe} + f_{ct} \cdot C_{AAt}$$

	Florianópolis/SC	Belém/PA	Brasília/DF
CONDIÇÃO REAL	$E_{AA,tot} = 91.977 \text{ kWh/ano}$	$E_{AA,tot} = 70.554 \text{ kWh/ano}$	$E_{AA,tot} = 83.950 \text{ kWh/ano}$
CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA	$E_{AA,tot} = 219.523 \text{ kWh/ano}$	$E_{AA,tot} = 198.029 \text{ kWh/ano}$	$E_{AA,tot} = 218.840 \text{ kWh/ano}$

**CLASSE A
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

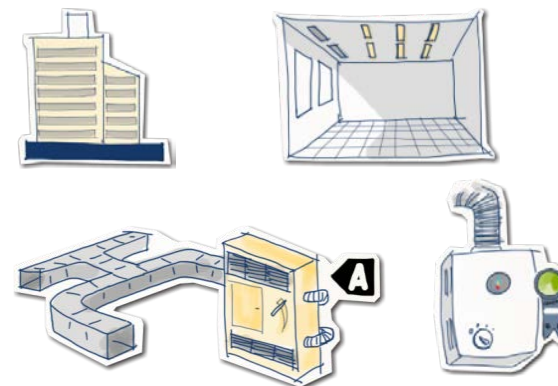


Exemplo de Aplicação

DETERMINAÇÃO DOS CONSUMOS CONFORME DISPOSTO NO ANEXO B

ITEM 8 PROCEDIMENTOS PARA A DETERMINAÇÃO DO CONSUMO
ENERGÉTICO DOS SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DA EDIFICAÇÃO

- Sistema de Iluminação
- Sistema de Condicionamento de Ar
- Equipamentos
- Sistema de Aquecimento de Água



Consumo do sistema de iluminação

$$CIL = PI_T \cdot t$$

CIL
 PI_T
 t

consumo do sistema de iluminação (kWh.ano);
 potência instalada total (kW.ano);
 tempo de uso da edificação no ano (horas).

	Condição Real	Condição de Referência (D)
Potência Instalada de Iluminação do Edifício - Iluminação (W)	16.900	24.302
Classificação	B	D

	Condição real	Condição de Referência (D)
hOcc (Edif. Exemplo)	24	
Média de dias úteis/ano	365	
Consumo Total Iluminação (kWh/ano)	148.044,00	212.885,52
Consumo Total Iluminação (kWh/mês)	12.337,00	17.740,46

Consumo do sistema de condicionamento de Ar

FLORIANÓPOLIS – SC

GCL 1C

BELÉM – PA

GCL 17

BRASÍLIA – DF

GCL 10

$$CCAC_{(E \text{ ou } T)} = \frac{CT_T}{ES_{AC}}$$

$CCA_{(E \text{ ou } T)}$

consumo de energia elétrica (E) ou térmica (T) do sistema de condicionamento de ar (kWh.ano);

CT_T
 ES_{AC}

carga térmica total anual da edificação (kWh/ano);
eficiência energética do sistema de condicionamento de ar.

Grupo Climático	COP _{médio} para resfriamento
1	COP _{nominal} *
10	COP _{nominal} *
17	COP _{nominal} *






fatores de correção associados ao grupo climático ainda em desenvolvimento

	Condição real	Condição de Referência (D)	Condição real	Condição de Referência (D)	Condição real	Condição de Referência (D)
	Florianópolis - SC		Brasília - DF		Belém - PA	
COP (W/W)	3,24	2,60	3,24	2,60	3,24	2,60
COP _{médio} (W/W)	3,24	2,60	3,24	2,60	3,24	2,60
Carga térmica de resfriamento (kWh/ano)	202.406,60	286.448,81	189.499,90	286.603,39	547.948,14	654.778,65
Consumo total condicionamento de ar (kWh/ano)	62.471,17	110.172,62	58.487,62	110.232,07	169.119,80	251.837,94
Consumo total condicionamento de ar (kWh/mês)	5.205,93	9.181,05	4.873,97	9.186,01	14.093,32	20.986,50

Consumo em energia primária de aquecimento de água

Consumo de energia primária para aquecimento de água

	Florianópolis/SC	Belém/PA	Brasília/DF
CONDIÇÃO REAL	$E_{AA,tot} = 91.977 \text{ kWh/ano}$	$E_{AA,tot} = 70.554 \text{ kWh/ano}$	$E_{AA,tot} = 83.950 \text{ kWh/ano}$
CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA	$E_{AA,tot} = 219.523 \text{ kWh/ano}$	$E_{AA,tot} = 198.029 \text{ kWh/ano}$	$E_{AA,tot} = 218.840 \text{ kWh/ano}$

		
POTENCIAL DE ECONOMIA 58,1%	POTENCIAL DE ECONOMIA 64,4%	POTENCIAL DE ECONOMIA 61,6%

*Já calculado no sistema de água quente

Consumo de equipamentos

Consumo de equipamentos/tomadas (CEQ)

Fixo por tipologia e uso da edificação

Hospedagem

- Obtenção de dados: tabelas proposta de método;
- Entradas: densidade de potência instalada, área e tempo de uso;
- Saída: **Consumo (kWh/ano)**

	Condição real	Condição de Referência (D)
Densidade de potência - equipamentos (W/m ²)	12,5	
Área útil do edifício (m ²)	1.836,40	
Potência Instalada do Edifício - Equipamentos (W)	22.954,9	
Potência Instalada do Edifício Equipamentos (kW)	23,0	
hOcc	24	
Média de dias úteis/ano	365	
Consumo Total Equipamentos (kWh/ano)	201.085,25	
Consumo Total Equipamentos (kWh/mês)	16.757,10	



Exemplo de Aplicação

GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL

Anexo E



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)**

Dados adotados para os módulos fotovoltaicos:

Classificação do Inmetro	A
Dimensões (L x C)	1.000 mm x 1.630 mm
Área unitária	1,63 m ²
Número de placas	380
Área total	619,40 m ²
Eficiência energética adotada	15,10%
Orientação solar	0°

	Florianópolis - SC	Brasília - DF	Belém - PA
Irradiação adotada (kWh/m ² dia)	4,24	4,93	5,05
Geração total estimada (kWh/ano)	144.476	168.301	172.398

Potencial de geração de energia

Potencial geração de energia elétrica, devido à geração fotovoltaica.

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

$$C_E = C_{IL} + C_{CAC_E} + \cancel{C_{AQ_E}} + C_{EQ}$$

↓
0

- PG_E Representa o percentual da energia consumida pela edificação que é atendido pela energia gerada por meio de fontes locais de energia renovável (%);
- G_{EE} Energia gerada por fontes locais de energia renovável (kWh/ano);
- C_E Consumo total de energia da edificação ao longo do ano (kWh/ano);

	Florianópolis - SC	Brasília - DF	Belém - PA
Geração total estimada (kWh/ano)	144.476	168.301	172.398
Consumo total de energia (kWh/ano)	409.405	405.495	506.281
Potencial de geração (%)	35,3	41,5	34,1

Lembrando que na edificação real, não existe consumo de energia elétrica para o aquecimento de água.

Exemplo de Aplicação

DETERMINAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA EDIFICAÇÃO

ANEXO B PROCEDIMENTOS PARA A DETERMINAÇÃO DA
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Consumo total de energia elétrica – FLORIANÓPOLIS - SC

Consumo total:

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

Onde:

CTE_E – Consumo total de energia elétrica (kWh/ano);

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).

CONDIÇÃO REAL:

$$CTE_E = 148.044,00 + 62.471,17 + 0 + 201.085,25 - 144.476$$

$$CTE_E = 267.124,42 \text{ kWh/ano}$$

COND. DE REFERÊNCIA:

$$CTE_E = 212.885,52 + 110.172,62 + 146.348 + 201.085,25 - 0$$

$$CTE_E = 670.491,39 \text{ kWh/ano}$$

Consumo total de energia elétrica – BRASÍLIA - DF

Consumo total:

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

Onde:

CTE_E – Consumo total de energia elétrica (kWh/ano);

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).

CONDIÇÃO REAL:

$$CTE_E = 148.044,00 + 58.487,62 + 0 + 201.085,25 - 168.301$$

$$CTE_E = 239.315,87 \text{ kWh/ano}$$

COND. DE REFERÊNCIA:

$$CTE_E = 212.885,52 + 110.232,07 + 132.020 + 201.085,25 - 0$$

$$CTE_E = 656.222,84 \text{ kWh/ano}$$

Consumo total de energia elétrica – BELÉM - PA

Consumo total:

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

Onde:

CTE_E – Consumo total de energia elétrica (kWh/ano);

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).

CONDIÇÃO REAL:

$$CTE_E = 148.044,00 + 157.152,16 + 0 + 201.085,25 - 172.398$$

$$CTE_E = 345.851,05 \text{ kWh/ano}$$

COND. DE REFERÊNCIA:

$$CTE_E = 212.885,52 + 230.293,20 + 145.894 + 201.085,25 - 0$$

$$CTE_E = 811.702,71 \text{ kWh/ano}$$

Consumo total de energia térmica – FLORIANÓPOLIS - SC

Consumo total:

$$CTE_T = CCAC_T + CAQ_T$$

Onde:

CTE_T – Consumo total de energia térmica (kWh/m².ano);

$CCAC_T$ – Consumo de energia térmica do sistema de condicionamento de ar (kWh/m².ano);

CAQ_T – Consumo do sistema de aquecimento de água - energia térmica (kWh/m².ano);

CONDIÇÃO REAL:

$$CTE_T = 0 + 83.611,29$$

$$CTE_T = \mathbf{83.611,3 \text{ kWh/ano}}$$

COND. DE REFERÊNCIA:

Sistema de referência não possui consumo de energia térmica

Consumo total de energia térmica – BELÉM - PA

Consumo total:

$$CTE_T = CCAC_T + CAQ_T$$

Onde:

CTE_T – Consumo total de energia térmica (kWh/m².ano);

$CCAC_T$ – Consumo de energia térmica do sistema de condicionamento de ar (kWh/m².ano);

CAQ_T – Consumo do sistema de aquecimento de água - energia térmica (kWh/m².ano);

CONDIÇÃO REAL:

$$CTE_T = 0 + 64.145,45$$

$$CTE_T = 64.145,5 \text{ kWh/ano}$$

COND. DE REFERÊNCIA:

Sistema de referência não possui consumo de energia térmica

Consumo total de energia térmica – BRASÍLIA - DF

Consumo total:

$$CTE_T = CCAC_T + CAQ_T$$

Onde:

CTE_T – Consumo total de energia térmica (kWh/m².ano);

$CCAC_T$ – Consumo de energia térmica do sistema de condicionamento de ar (kWh/m².ano);

CAQ_T – Consumo do sistema de aquecimento de água - energia térmica (kWh/m².ano);

CONDIÇÃO REAL:

$$CTE_T = 0 + 76.320,78$$

$$CTE_T = 76.320,8 \text{ kWh/ano}$$

COND. DE REFERÊNCIA:

Sistema de referência não possui consumo de energia térmica

Conversão Energia Primária

Consumo Total de Energia

		Condição real	Condição de Referência (D)	Condição real	Condição de Referência (D)	Condição real	Condição de Referência (D)
		Florianópolis - SC		Brasília - DF		Belém - PA	
Consumo total de energia elétrica	kWh/ano	267.124,42	670.491,39	239.315,87	656.222,84	345.851,05	811.702,71
	kWh/mês	22.260,37	55.874,28	19.942,99	54.685,24	28.820,92	67.641,89
Consumo total de energia térmica	kWh/ano	83.611,29	-	76.320,78	-	64.145,45	-
	kWh/mês	6.967,61	-	6.360,06	-	5.345,45	-

Conversão da energia elétrica e térmica para energia primária:

$$CEP = (CTE_E \cdot 1,5) + (CTE_T \cdot 1,1)$$

	Condição real	Condição de Referência (D)	Condição real	Condição de Referência (D)	Condição real	Condição de Referência (D)
Consumo de energia primária	Florianópolis - SC		Brasília - DF		Belém - PA	
kWh/ano	492.659,05	1.005.737,09	442.926,66	984.334,26	589.226,56	1.217.554,07
kWh/m².ano	248,78	507,89	223,67	497,08	297,60	614,85
kWh/mês	41.054,92	83.811,42	36.910,55	82.027,86	49.111,38	101.462,84

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

$$CRCEP_{REAL-D} = 1 - \frac{CEP}{CEP_{REF}} * 100$$

CEP	Consumo de energia primária da edificação real;
CEP_{REF}	Consumo de energia primária da edificação em sua condição de referência;
$CRCEP_{REAL-D}$	Coefficiente de redução do consumo de energia primária da edificação em sua condição real

$$i = \frac{CEP_{REF} \cdot CRCEP_{D-A}}{3}$$

Determinação da Escala de Eficiência Global

$$FF = \frac{1.980,24}{6.590,45} = 0,30$$

Cidade	Grupo Climático (GCL)	Coeficiente de redução do consumo de energia primária da classe A para a classe D (CRCEP _{A-D})			
		FF ≤ 0,20	0,20 < FF ≤ 0,30	0,30 < FF ≤ 0,40	FF > 0,40
Florianópolis/SC	1-B	0,36	0,34	0,34	0,34
Brasília/DF	10	0,36	0,35	0,35	0,34
Belém/PA	17	0,34	0,32	0,32	0,32

Escalas de Eficiência Energética Global da Edificação

Tabela B.1. Intervalos relativos a cada uma das classes de eficiência energética

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	-

Florianópolis/SC

$$CRCEP_{D-A} = 0,34$$

$$i = 113.983,54$$

Brasília/D

$$CRCEP_{D-A} = 0,35$$

$$i = 114.839,00$$

Belém/PA

$$CRCEP_{D-A} = 0,32$$

$$i = 129.872,43$$

Classificação Global da Edificação

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

FLORIANÓPOLIS - SC

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 663.786,48	> 777.770,01	> 891.753,55	> 1.005.737,09
Limite inferior	≤ 663.786,48	≤ 777.770,01	≤ 891.753,55	≤ 1.005.737,09	-

$$CEP_{REAL} = 492.659,05 \text{ kWh/ano}$$



**CLASSE A
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Porcentagem de
economia em relação ao
nível D:



51%

Classificação Global da Edificação

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

BRASÍLIA - DF

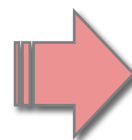
Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 984.331,26	> 754.656,27	> 869.495,27	> 984.334,26
Limite inferior	< 984.331,26	≤ 754.656,27	≤ 869.495,27	≤ 984.334,26	-

$$CEP_{REAL} = 442.926,66 \text{ kWh/ano}$$



**CLASSE A
DE EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA**

Porcentagem de
economia em relação ao
nível D:



55%

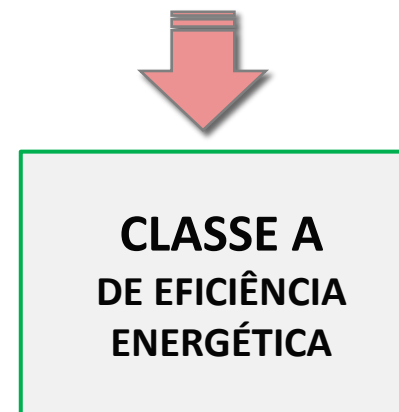
Classificação Global da Edificação

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS DE VALORES E CLASSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

BELÉM - PA

$$CEP_{REAL} = 589.336,56 \text{ kWh/ano}$$

Classe de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	> 827.936,76	> 957.809,20	> 1.087.681,63	> 1.217.554,07
Limite inferior	≤ 827.936,76	≤ 957.809,20	≤ 1.087.681,63	≤ 1.217.554,07	-



Porcentagem de economia em relação ao nível D:



51%

Exemplo de Aplicação

USO RACIONAL DE ÁGUA

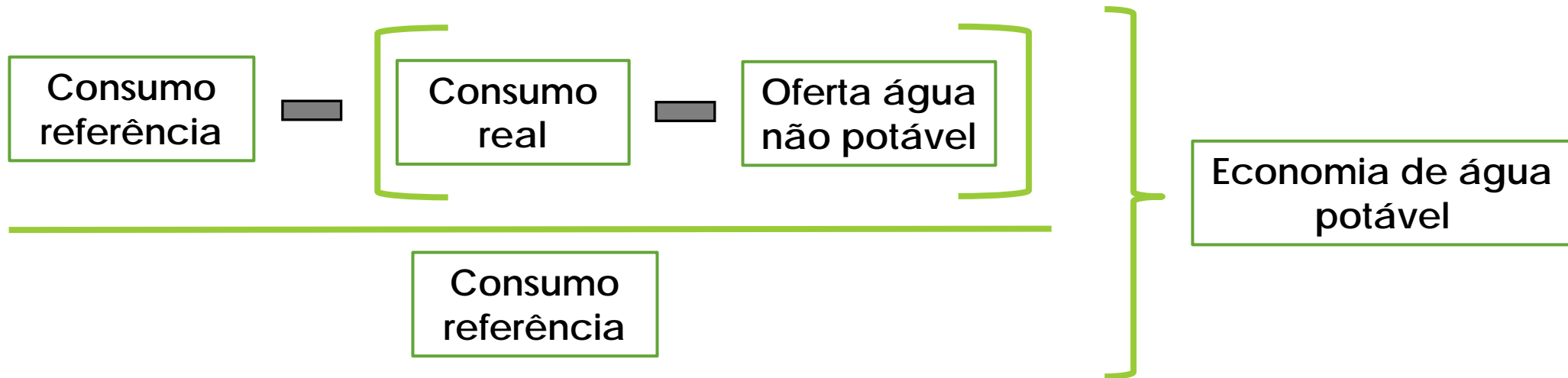
Anexo F



CB3E

centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

Uso racional da água



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



Uso racional da 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:

1. **Primeiro passo:** Definição da tipologia e do número de usuários da edificação;
2. **Segundo passo:** Determinar o consumo anual de água segundo um modelo de referência (CA_{ref}) utilizando um padrão de uso e de ocupação;
3. **Terceiro Passo:** Determinar o consumo anual de água na edificação real (CA_{real}) considerando os sistemas de economia;
4. **Quarto passo:** Determinar a oferta anual de água não potável ($OA_{\text{nãopotável}}$) proporcionada por sistemas de uso racional, quando existentes;
5. **Quinto passo:** cálculo da economia de água gerada pela fórmula abaixo indicada.

$$ET_{\text{água}} = \left[\frac{CA_{\text{ref}} - (CA_{\text{real}} - OA_{\text{nãopotável}})}{CA_{\text{ref}}} \right] \cdot 100$$

Uso racional da água

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

- Edifício de hospedagem de 1.836,40 m² com densidade de pessoas de 16,1 m²/pessoa: 115 ocupantes;

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

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

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

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 da água

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

- Considerar as vazões para chuveiro, bacia sanitária e torneiras conforme tabelado no método;
- Banheiros :
 - Bacias sanitárias de 6 L/descarga;
 - Torneira de lavatórios (vazão de 8,3 L/min para tipologia hospedagem);
 - Chuveiros com vazão de 9,5 L/min.

Dispositivo	Usuários	Vazão	Tempo de uso (min)	Usos (usos/dia.pessoa)	Consumo total (l/ano)
Bacia sanitária	115 pessoas	6.00	-	5	1,259,250.00
Torneira de lavatório	115 pessoas	8.30	1.0	5	1,741,962.50
Chuveiro	115 pessoas	9.50	8.0	1	3,190,100.00
Consumo total ref. (L/ano)					6,191,312.50

Uso racional da água

Terceiro passo: **Determinar o consumo anual de água na edificação real considerando os sistemas de economia**

- Banheiros :
 - Bacias sanitárias com acionamento duplo de 3 L/descarga;
 - Torneiras de lavatórios com arejador (vazão de 7,0 L/min);
 - Chuveiros com vazão de 5,5 L/min.

Dispositivo	Usuários	Vazão	Tempo de uso (min)	Usos (usos/dia.pessoa)	Consumo total (l/ano)
Bacia sanitária	115 pessoas	3.00	-	5	629,625.00
Torneira de lavatório	115 pessoas	7.00	1.0	5	1,469,125.00
Chuveiro	115 pessoas	5.50	8.0	1	1,846,900.00
Consumo total real (L/ano)					3,945,650.00

Uso racional da água

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

- Foi adotado 15% de oferta de água pluvial, em relação à oferta total da edificação real

Consumo total real (L/ano)	3.945.650,00
OA não potável (L/ano)	591.847,50

Quinto passo: cálculo da economia de água

$$ET_{\text{água}} = \left[\frac{6.191.312,5 - (3.945.650 - 591.847,5)}{6.191.312,5} \right] \cdot 100$$

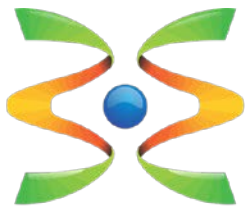
**ECONOMIA GERADA
NA EDIFICAÇÃO
45,8%**

Exemplo de Aplicação



EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO

Anexo G



CB3E
centro brasileiro de eficiência
energética em edificações

Emissões de CO₂

Fontes de energia utilizadas no exemplo: eletricidade e GLP.

$$E_{CO_2} = \frac{CTE_E \cdot f e_e + CTE_T \cdot f e_t}{1000}$$



Eletricidade (SIN) = 0,09 kg.CO₂/kWh
 Gás (GLP) = 0,227 kg.CO₂/kWh

Florianópolis

CONDIÇÃO REAL

$$E_{CO_2} = (267.124,42 * 0,09 + 83.611,29 * 0,227) / 1000 = 43,02 \text{ tCO}_2 / \text{ano}$$

CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA

$$E_{CO_2} = (670.491,39 * 0,09) / 1000 = 60,34 \text{ tCO}_2 / \text{ano}$$

**PERCENTUAL DE
 REDUÇÃO NAS
 EMISSÕES
 28,7%**

Brasília

CONDIÇÃO REAL

$$E_{CO_2} = (239.315,87 * 0,09 + 64.145,45 * 0,227) / 1000 = 38,86 \text{ tCO}_2 / \text{ano}$$

CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA

$$E_{CO_2} = (656.222,84 * 0,09) / 1000 = 59,06 \text{ tCO}_2 / \text{ano}$$

**PERCENTUAL DE
 REDUÇÃO NAS
 EMISSÕES
 34,2%**

Belém

CONDIÇÃO REAL

$$E_{CO_2} = (345.851,05 * 0,09 + 76.320,78 * 0,227) / 1000 = 45,07 \text{ tCO}_2 / \text{ano}$$

CONDIÇÃO DE REFERÊNCIA

$$E_{CO_2} = (811.702,71 * 0,09) / 1000 = 73,05 \text{ tCO}_2 / \text{ano}$$

**PERCENTUAL DE
 REDUÇÃO NAS
 EMISSÕES
 37,5%**