UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
Campus Universitário – Trindade
Florianópolis – SC – CEP 88040-900
Caixa Postal 476

Fundação de Ensino e Engenharia em Santa Catarina
http://www.feesc.org.br

CB3E - Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações
http://www.cb3e.ufsc.br

Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
http://www.eletrobras.gov.br

Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
http://www.eletrobras.gov.br/procel

Convênio ECV DTP 001/2012 Eletrobrás/UFSC

DETERMINAÇÃO DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO EXEMPLO UTILIZANDO O RTQ-R

VERSÃO 02

Elaborado por (equipe):

Coordenação:
Prof. Roberto Lamberts, PhD

NR – Núcleo de edificações residenciais:
Pós-doutoranda:
Michele Fossati, Dra. Eng Civil
Doutorando:
Andrea Invidiata, Arquiteto e Urbanista
Mestranda:
Juliana Cruz, Arquiteta e Urbanista
Acadêmicos:
Amadeus Morgado Chambarelli de Novaes, Engenharia Civil
Cristiano Teixeira, Arquitetura e Urbanismo

Florianópolis, julho de 2014

Sumário

Apresentação 3
CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DA ENVOLTÓRIA 8
ABERTURAS 9
PÉ-DIREITO 9
CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE AQUECIMENTOS DE ÁGUA 9
CARACTERÍSTICAS DOS ITENS DAS BONIFICAÇÕES 10
CARACTERÍSTICAS DAS AUC 10
Resolução 12
1) UNIDADE HABITACIONAL AUTONOMA (UH) 12
1.1) PRÉ-REQUISITOS GERAIS 12
1.2) AVALIAÇÃO DA ENVOLTÓRIA 13
1.3) AVALIAÇÃO DO AQUECIMENTO DE ÁGUA 23
1.4) BONIFICAÇÕES 24
1.5) CLASSIFICAÇÃO DA UH 27
2) EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR 31
3) ÁREAS DE USO COMUM 33
3.1 ÁREA COMUM DE USO FREQUENTE 33
3.2 ÁREA COMUM DE USO EVENTUAL 34
3.3 BONIFICAÇÕES 35
3.4 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE USO COMUM 38

Apresentação

Visando facilitar a compreensão do procedimento de obtenção dos três tipos da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para Edificações Residenciais: Unidade Habitacional Autônoma (UH); Edificação Multifamiliar e Áreas de Uso Comum (AUC), foi desenvolvido um edifício exemplo para o qual se obtém a classificação do nível de eficiência energética. O exercício compreende a análise dos pré-requisitos e demonstra os cálculos para obtenção da eficiência energética das UHs (apartamentos), de uma edificação multifamiliar e das áreas de uso comum.

A avaliação aplicada neste exemplo é através do método prescritivo. A edificação está localizada em Florianópolis (Zona Bioclimática 3, região Sul), possui seis pavimentos e um total de 22 UHs (quatro apartamentos por pavimento e no último pavimento dois apartamentos mais um salão de festas).

Cada UH é composta por uma suíte, um quarto, um banheiro, sala de estar/jantar, cozinha, circulação e sacada. As paredes externas são da cor verde claro. As paredes, tetos internos e cobertura são da cor branca. Cada UH possui medição individualizada de energia. A área comum de uso frequente é composta por um elevador, escadas de acesso e hall de entrada. A área de uso eventual é constituída pelo salão de festas e banheiros do salão de festas, localizados no último andar da edificação.

As Figuras 1 a 9 ilustram a edificação utilizada para resolução deste exemplo.

Figura 1- Perspectiva Norte-Leste

Figura 2- Perspectiva Sul-Oeste

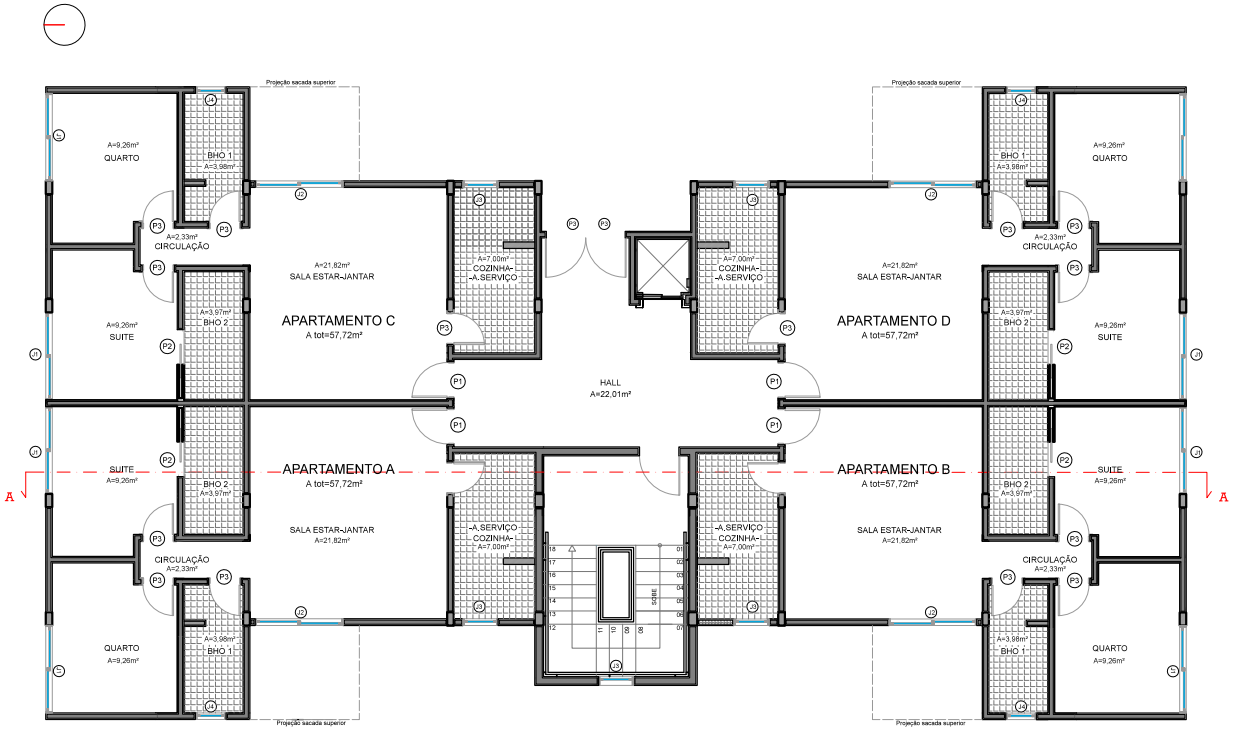


Figura 3 - Planta baixa - Térreo

Figura 4 - Planta baixa - Pavimento tipo

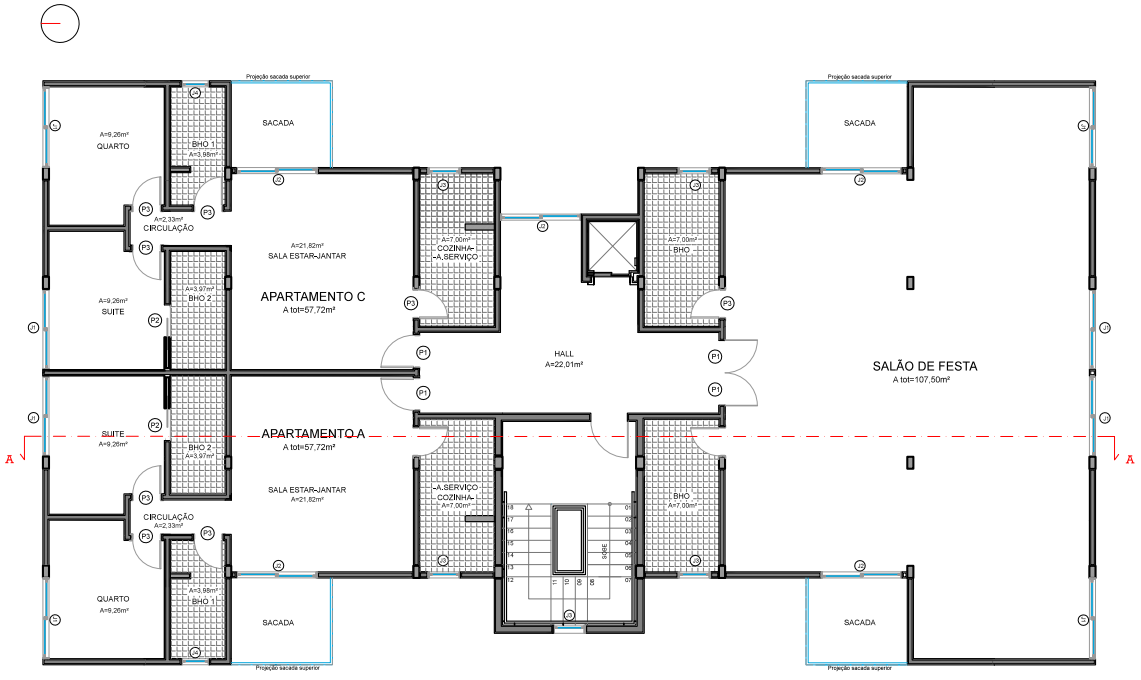


Figura 5 - Planta baixa - Cobertura

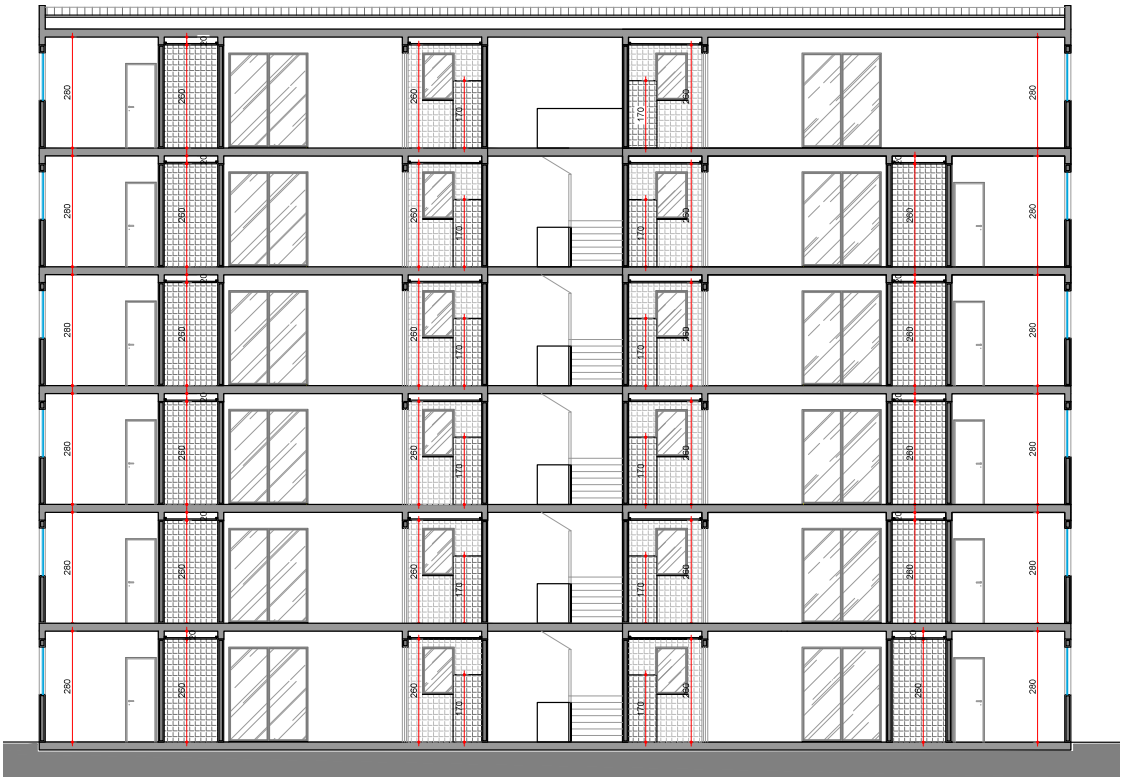


Figura 6 - Corte A:A

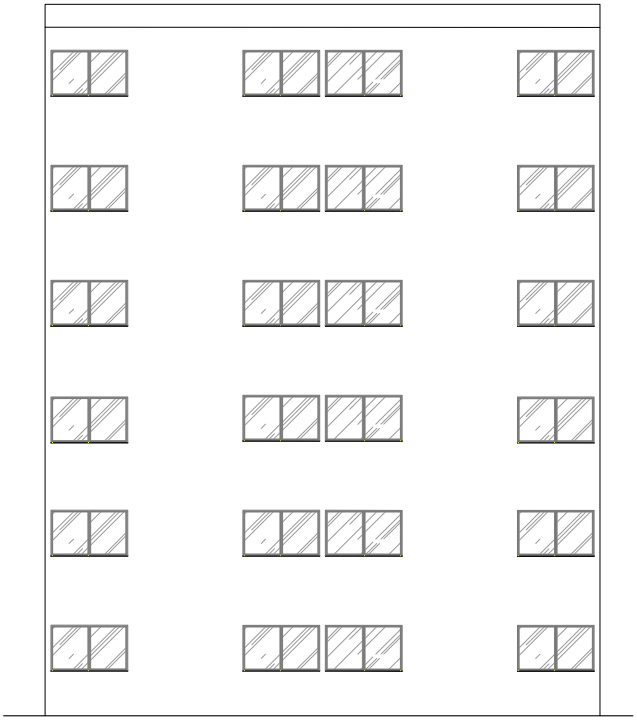


Figura 7 - Fachada norte/sul

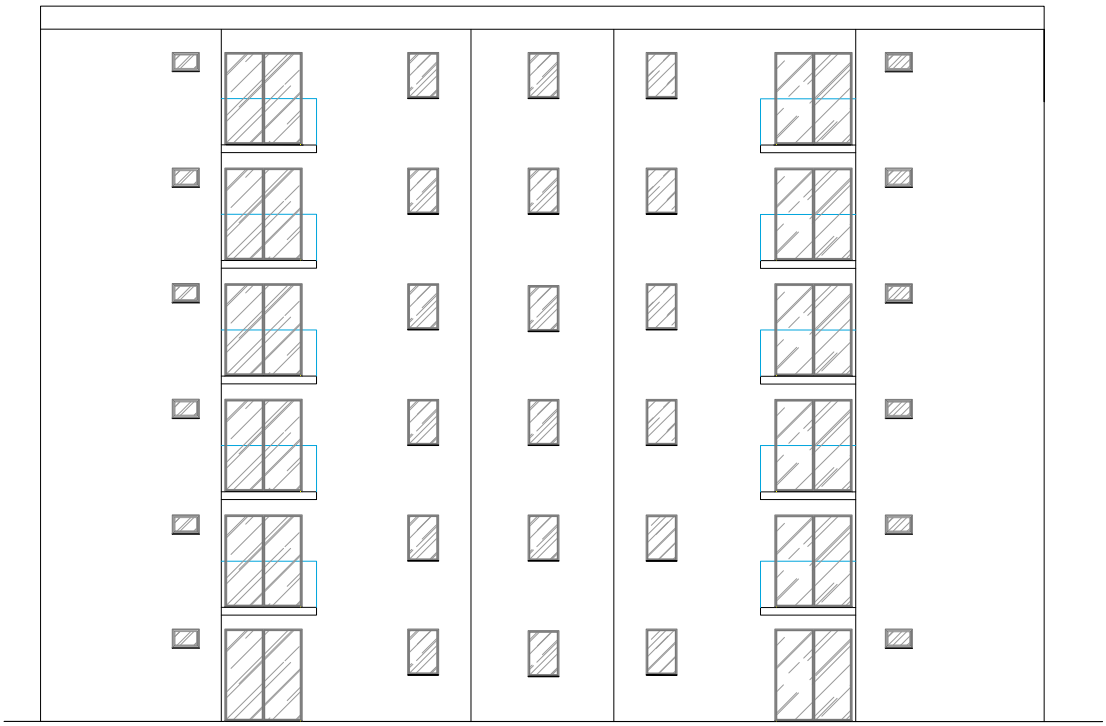


Figura 8 - Fachada oeste

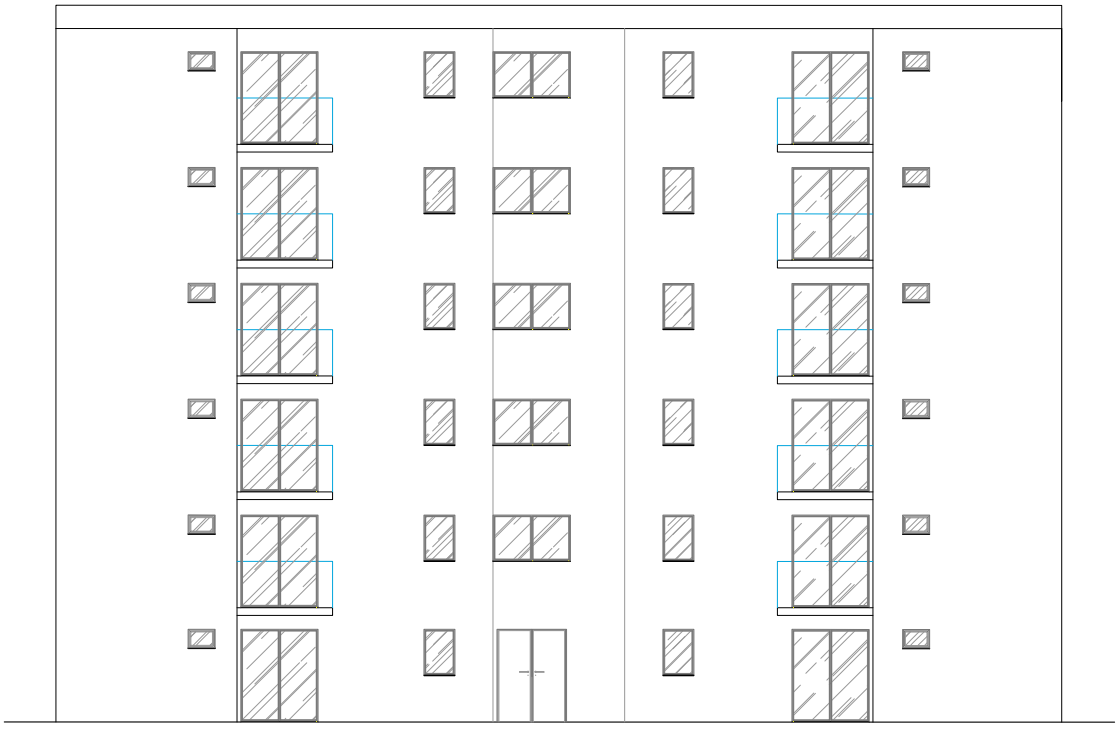


Figura 9 - Fachada leste

CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DA ENVOLTÓRIA

Paredes externas:

- Transmitância térmica: 2,46 W/(m²K)
- Capacidade térmica: 150 kJ/(m²K)
- Absortância da parede: 0,40 (NBR15220, medições Alta ou tese Kellen Dornelles/USP)

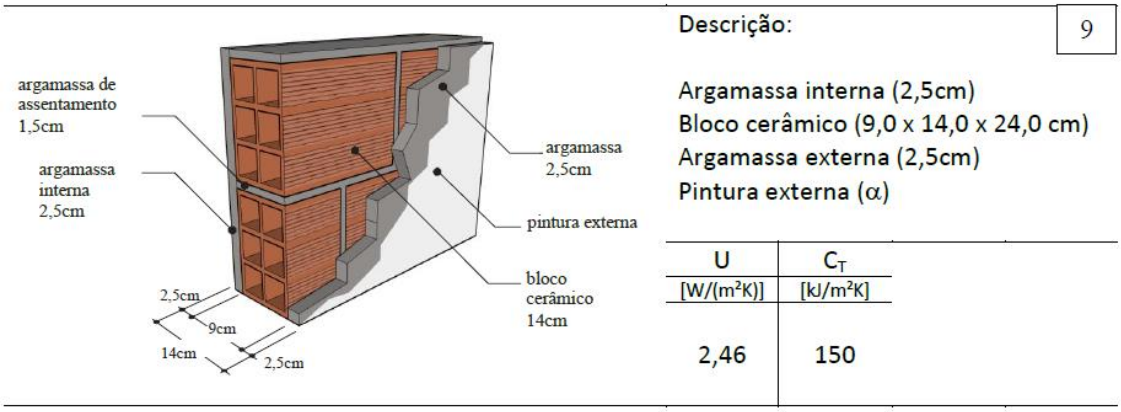


Figura 10 – Características térmicas das paredes externas. Fonte: Anexo V do RAC
(http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/regulamentos)

Cobertura:

- Transmitância térmica: 1,79 W/(m²K)
- Capacidade térmica: 180 kJ/(m²K)
- Absortância da cobertura: 0,20 (NBR15220, medições Alta ou tese Kellen Dornelles /USP)

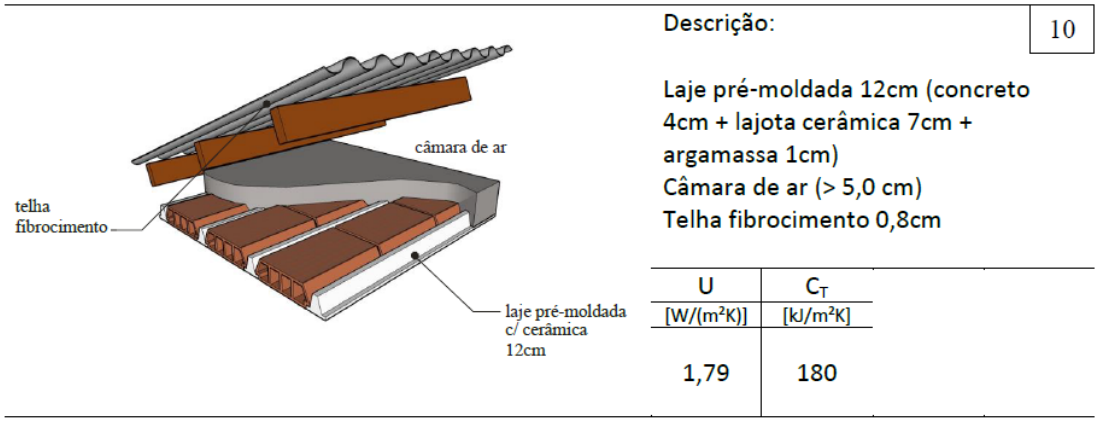


Figura 11 – Características térmicas da cobertura. Fonte: Anexo V do RAC

(http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/regulamentos)

ABERTURAS

JANELAS				
Jn	DIMENSÕES	ÁREA DO VÃO	TIPO	MATERIAL
J1	200 - 120 - 120	2.40 m²	CORRER 2 FOLHAS COM VENEZIANAS	PVC
J2	200 - 240 - 000	4.80 m²	CORRER 2 FOLHAS	PVC
J3	80 - 120 - 120	0.96 m²	MAXIM-AR	PVC
J4	70 - 50 - 190	0.35 m²	BASCULANTE	PVC

PORTAS				
Pn	DIMENSÕES	ÁREA DO VÃO	TIPO	MATERIAL
P1	80 - 210	1.68 m²	ABRIR	MADEIRA
P2	70 - 210	1.47 m²	CORRER	MADEIRA
P3	70 - 210	1.47 m²	ABRIR	MADEIRA

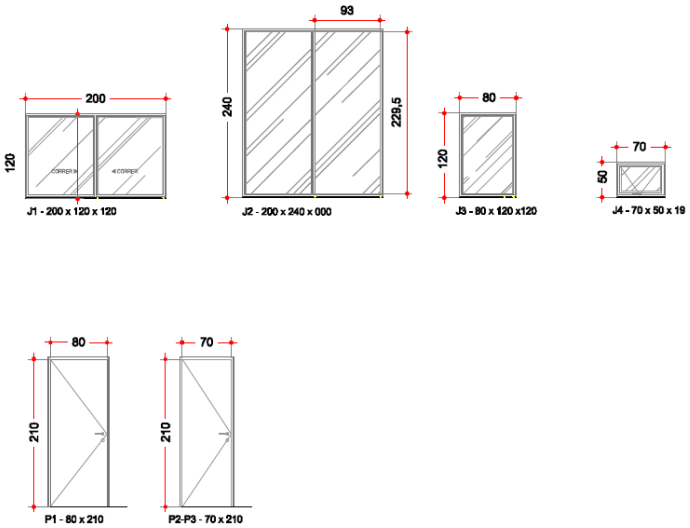


Figura 12.a Quadro de esquadrias

Figura 12.b Representação de uma janela com veneziana integrada, modelo instalado nos dormitórios

PÉ-DIREITO

Os apartamentos possuem pé-direito de 2,80 m.

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE AQUECIMENTOS DE ÁGUA

Os apartamentos apresentam um sistema de aquecimento de água composto por chuveiros elétricos. A potência de cada um dos dois chuveiros elétricos da UH é de 5.000 W.

Cada UH apresenta um hidrômetro para medição da água fria.

CARACTERÍSTICAS DOS ITENS DAS BONIFICAÇÕES

- Todos os ambientes do apartamento apresentam refletância do teto de 80%, em função da cor branca;
- Todas as lâmpadas instaladas no apartamento possuem Selo Procel;
- Não há componentes economizadores de água nem aproveitamento de água da chuva nos apartamentos;
- O refrigerador instalado nos apartamentos possui ENCE A;
- Não serão entregues condicionadores de ar nem ventiladores de teto.

CARACTERÍSTICAS DAS AUC

As áreas de uso comum possuem lâmpadas fluorescentes compactas cujas características são apresentadas na Tabela 1.

Ambiente	Quantidade	Potência (W)	Potência total (W)	ENCE
Hall	12 (2 por pvto)	20	240	B
Escada	6 (1 por pvto)	20	120	A
Salão de Festas	10	20	200	B
Banheiros - salão de festa	2	16	32	Selo Procel

Tabela 1: Caracteristicas das lâmpadas das áreas de uso comum

O edifício apresenta uma bomba centrífuga com tensão de 220 V, potência de 1,5 kW e ENCE Nível C. A edificação possui um elevador categoria de uso 3 e classificação nível B. No salão de festas será entregue uma geladeira de 240 litros e um fogão de seis bocas, cujas características são apresentadas na Tabela 2.

Equipamento	Quantidade	Potência (W)	Potência total (W)	ENCE
Geladeira	1	22,7	22,7	A
Fogão	1	-	-	Selo Conpet

Tabela 2: Características dos equipamentos do salão de festas

As áreas de uso comum não possuem sistemas que racionalizam o uso da água.

Enunciado do exercício

1) UNIDADE HABITACIONAL AUTÔNOMA (UH)

1.1. PRÉ-REQUISITOS GERAIS: Verificar o atendimento aos pré-requisitos gerais.

1.2. AVALIAÇÃO DA ENVOLTÓRIA: Determinar os níveis de eficiência energética da envoltória para resfriamento, aquecimento e refrigeração de cada ambiente de permanência prolongada da UH, considerando os pré-requisitos.

1.3. EQUIVALENTE NUMÉRICO DA ENVOLTÓRIA: Calcular o equivalente numérico da envoltória (EqNumEnv).

1.4. AVALIAÇÃO DO AQUECIMENTO DE ÁGUA: Avaliar o sistema de aquecimento de água instalado nas UHs, obtendo o equivalente numérico do aquecimento de água (EqNumAA).

1.5. BONIFICAÇÕES: Avaliar a presença de eventuais bonificações.

1.6. CLASSIFICAÇÃO DA UH: Obter a pontuação total e a classificação de eficiência energética da UH.

2) EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR

Determinar o nível de eficiência energética da Edificação Multifamiliar.

3) ÁREAS DE USO COMUM

3.1. ÁREA COMUM DE USO FREQUENTE: Determinar o nível de eficiência, considerando os pré-requisitos.

3.2. ÁREA COMUM DE USO EVENTUAL: Determinar o nível de eficiência, considerando os pré-requisitos.

3.3. BONIFICAÇÕES: Avaliar a presença de eventuais bonificações.

3.4. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE USO COMUM: Obter a pontuação total e a classificação de eficiência energética das áreas de uso comum.

Resolução

1) UNIDADE HABITACIONAL AUTONOMA (UH)

Para obter a classificação de cada UH, as etapas abaixo devem ser seguidas, sempre verificando os requisitos no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R).

Ferramentas auxiliares que facilitam o entendimento e aplicação do RTQ-R estão disponíveis para download no site do PBE Edifica, como o Manual para aplicação do RTQ-R (http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/manuais) e planilhas de apoio (http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos).

Para este exemplo, será apresentada a resolução do apartamento A, localizado no 3° pavimento da edificação, que apresenta as seguintes características:

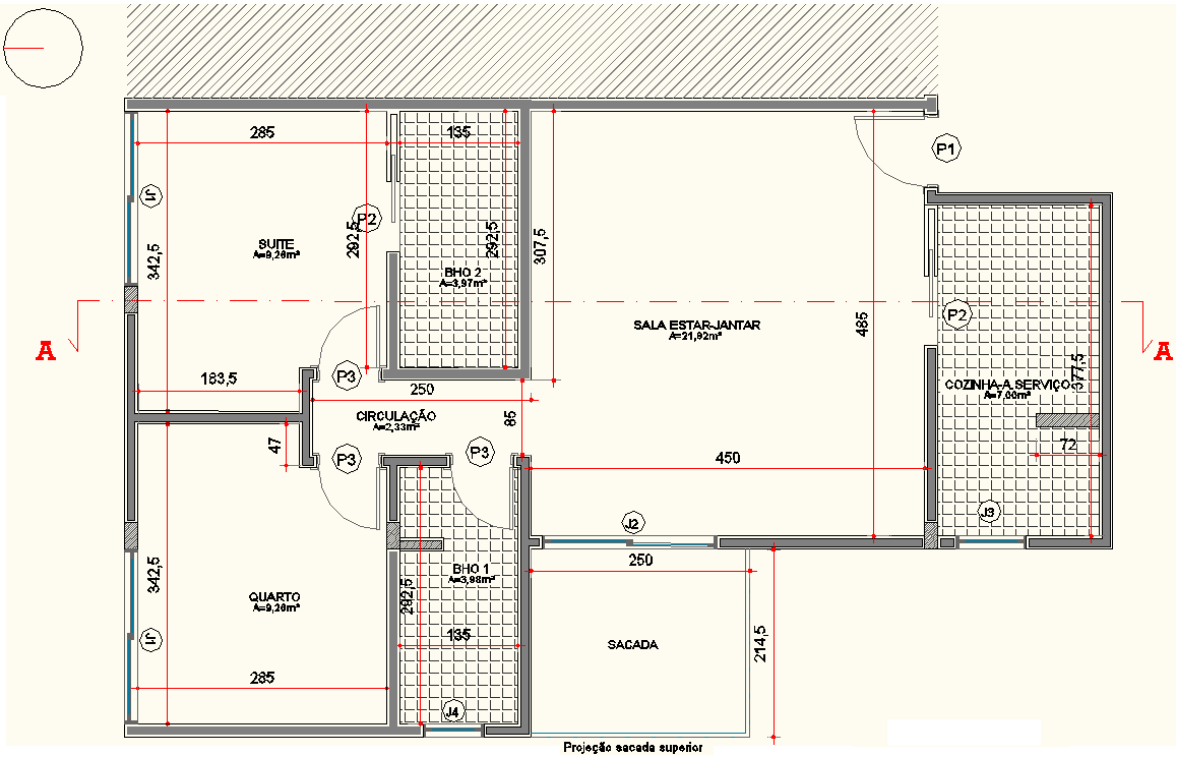


Figura 13 – Apartamento A utilizado para demonstração dos cálculos do exemplo

1.1) PRÉ-REQUISITOS GERAIS

De acordo com o RTQ-R: "*Para obtenção dos níveis de eficiência A ou B, havendo mais de uma unidade habitacional autônoma no mesmo lote, a UH deve possuir medição individualizada de eletricidade e água*".

Os apartamentos do edifício exemplo possuem medição individualizada de eletricidade e água, por esse motivo podem obter o nível de eficiência A.

1.2) AVALIAÇÃO DA ENVOLTÓRIA

1.2.1) Ambientes de permanência prolongada (APP)

O primeiro passo é identificar os ambientes de permanência prolongada e calcular os indicadores de graus-hora para resfriamento (GHR) e consumos relativos para aquecimento (CA) e refrigeração (CR).

Para tanto, deve-se preencher a *Planilha de cálculo do desempenho da envoltória* que está disponível em http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos. Esta planilha foi especificamente elaborada para facilitar os cálculos de obtenção dos equivalentes numéricos de resfriamento, aquecimento e refrigeração para a envoltória de uma UH, já integrando a avaliação dos pré-requisitos.

No caso do edifício exemplo, tem-se como APP: suíte, quarto e sala de estar/jantar.

Análise da Envoltória e dos Pré-Requisitos dos Ambientes RTQ - Edificações Residenciais

TERMO DE RESPONSABILIDADE (passe o mouse)

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB3	ZB3	ZB3	
Ambiente	Identificação	adimensional	Suíte	Quarto	Sala	A
	Área útil do APP	m²	9,26	9,26	24,15	
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	0,00	0,00	0,00	B
	Contato com solo	adimensional	0,00	0,00	0,00	
	Sobre Pilotis	adimensional	0,00	0,00	0,00	
Cobertura	Ucob	W/m².K	0,00	0,00	0,00	C
	CTcob	kJ/m².K	1,00	1,00	1,00	
	αcob	adimensional	0,00	0,00	0,00	
Paredes Externas	Upar	W/m².K	2,46	2,46	2,46	D
	CTpar	kJ/m².K	150,00	150,00	150,00	
	αpar	adimensional	0,40	0,40	0,40	
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0	E
	CTalta	binário	0	0	0	
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m²	7,19	7,19	0,00	F
	SUL	m²	0,00	0,00	0,00	
	LESTE	m²	0,00	0,00	0,00	
	OESTE	m²	0,00	7,98	7,88	
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m²	2,40	2,40	0,00	G
	SUL	m²	0,00	0,00	0,00	
	LESTE	m²	0,00	0,00	0,00	
	OESTE	m²	0,00	0,00	4,80	
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,40	0,40	0,47	H
	Somb	adimensional	1,00	1,00	0,00	
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m²	22,61	16,10	46,20	I
	Pé Direito	m	2,80	2,80	2,80	
	C altura	adimensional	0,302	0,302	0,116	
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário				J
	vid	binário				
	Uvid	W/m².K				
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B 1196	B 1585	C 1996	K
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	A 5,486	A 5,982	B 7,239	
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	D 18,273	D 18,546	Não se aplica 0,000	

Figura 14 – Planilha avaliação da envoltória do apartamento A situado em pavimento intermediário

A. Ambiente

Primeiramente é inserida a Zona Bioclimática de acordo com a norma NBR 15220-3, sendo ZB3 para cidade de Florianópolis. Identifica-se o ambiente de permanência prolongada (sala, quarto ou suíte) e insere-se a área útil do ambiente (AUamb). Na sala, a área útil foi somada com a área do corredor, pois trata-se de um ambiente único (ver definição de *Ambiente* e exemplo no Manual de aplicação do RTQ-R: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_de_aplicacao_do_%20RTQ-R-v02-2013.pdf)

B. Situação do piso e cobertura

No exemplo a cobertura não está exposta para o exterior (está totalmente coberta pela sobreposição de outro apartamento), portanto o valor inserido para *cob* é 0 (zero).

O apartamento do exemplo não tem contato com o solo, pois está no terceiro pavimento. Portanto para *solo* preenche-se 0 (zero).

O valor de *pil* será 0 (zero), pois o apartamento não está sobre pilotis.

C. *Paredes Externas*

Nesta parte da planilha são requisitadas características térmicas das paredes externas, preenchidas de acordo com os valores de transmitância térmica (U_{par}), capacidade térmica (CT_{par}) e absortância (α_{par}) apresentados na Figura 10.

D. *Característica construtiva*

No exemplo é preenchido o valor 0 (zero) tanto para CT_{alta} quanto para CT_{baixa} pois a média ponderada das capacidades térmicas das paredes externas, internas e fechamentos superiores do ambiente pelas respectivas áreas, excluindo as aberturas, é um valor entre 50 e 250 kJ/m²K.

E. *Cobertura*

Nesta parte da planilha são requisitadas as características térmicas da cobertura (Figura 11). A cobertura é considerada somente quando há contato com o ambiente externo, como no último pavimento da edificação do exemplo. O apartamento avaliado

não tem cobertura exposta para o exterior, por estar localizado no 2° pavimento da edificação. Por esta razão, os valores preenchidos na planilha para transmitância térmica (U_{cob}) e absortância (α_{cob}) serão 0 (zero) e para capacidade térmica (CT_{cob}) será 1 (um), conforme instruções dadas no RTQ-R.

F. *Áreas de paredes externas do ambiente*

Deve-se inserir a área das paredes externas de cada orientação (Norte, Sul, Leste e Oeste), excluindo a área das aberturas de cada ambiente.

Para a **sala** as paredes Norte, Sul e Leste não são externas, logo o valor a ser considerado para essas orientações será 0 (zero). A parede Oeste é externa de área 12,68m² (4,53x 2,80) e tem abertura de 4,80m², ou seja, o valor inserido será de **7,88m².**

Para o **quarto** as paredes Leste e Sul não são externas. A área da parede Oeste é **7,98m²** (2,85 x 2,80), e a área da parede Norte é **7,19m²** (3,425 x 2,80 – (2,00 x 1,20)).

Para a **suíte** as paredes Sul, Leste e Oeste não são externas. A área da parede Norte é **7,19m²** (3,425 x 2,80 – (2,00 x 1,20)).

G. *Áreas de aberturas externas*

Deve-se calcular a soma das áreas de todas as aberturas em contato com o exterior da UH, por orientação, para cada ambiente. A área de abertura para a sala é 4,80m² na parede Oeste. Na parede Norte, a área da suíte e a área do quarto são de 2,40m² cada.

H. Características das aberturas

A determinação do percentual de abertura para ventilação pode ser obtida consultando o *Anexo II do RTQ-R* ou calculando, para cada tipo de abertura. O valor inserido para Fvent será decimal.

Neste exemplo, o tipo de abertura do quarto e da suíte é de correr com 2 folhas e persiana integrada, com fator de ventilação igual a 40% (ver número 14 do Anexo II do RTQ-R). O valor de Fvent inserido é **0,40**.

A sala contém uma porta-janela de correr com 2 folhas, cuja área de abertura obtém-se tendo a área do vão, descontando a área das esquadrias. O cálculo manual do Fvent para a abertura da sala é:

$$Fvent = \frac{(0{,}97 \times 2{,}345)}{(2{,}00 \times 2{,}40)}$$

Fvent =**0,47**

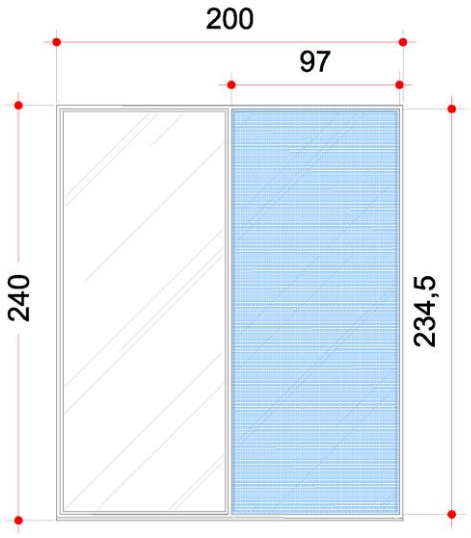


Figura 15- Área de abertura para ventilação

"Somb" é o fator de sombreamento da abertura. Nos dormitórios, como há veneziana, o somb é igual a 1 (um).

Na sala, a abertura apresenta um elemento de sombreamento horizontal criado pela sacada do apartamento superior (Figura 16).

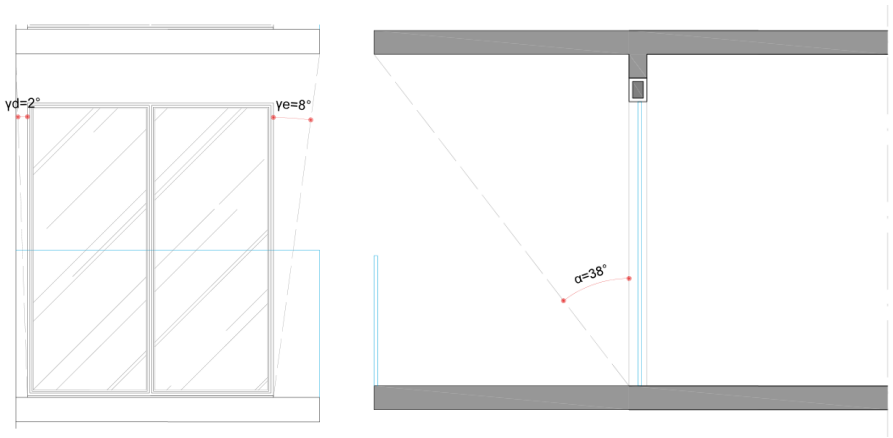
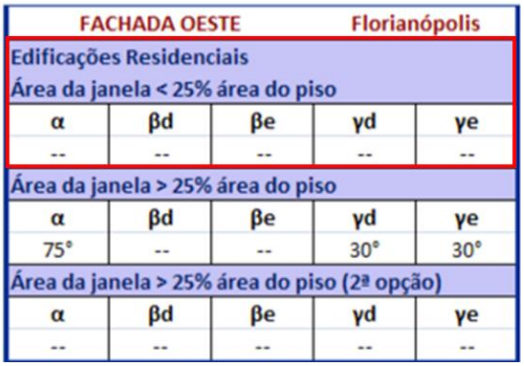


Figura 16 – Ângulos de sombreamento fachada Oeste - Sala

Primeiramente compara-se a área da abertura com a área do piso do ambiente. No exemplo a área de abertura é menor que 25% da área do piso, portanto utilizam-se os ângulos de referência da Figura 17, referentes à fachada oeste. Uma vez que na Figura

17 não estão sendo indicados valores dos ângulos de referência para esta situação, o somb considerado é 0 para a abertura da sala.



FACHADA OESTE			Florianópolis	
Edificações Residenciais Área da janela < 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
--	--	--	--	--
Área da janela > 25% área do piso				
α	βd	βe	γd	γe
75°	--	--	30°	30°
Área da janela > 25% área do piso (2ª opção)				
α	βd	βe	γd	γe
--	--	--	--	--

Figura 17 – Ângulos de proteção solar mínimos para fachada Oeste em Florianópolis

Caso a área da abertura fosse maior que 25% da área do piso, os ângulos de referência seriam α = 75°, γd = 30° e γe = 30°. Com os valores dos ângulos de referência e de projeto o próximo passo seria calcular o valor de $somb_{abertura}$ pela equação A.3 do Anexo I do RTQ-R (veja também exemplo no Manual de aplicação do RTQ-R: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/Manual_de_aplicacao_do_%20RTQ-R-v02-2013.pdf).

I. *Características gerais*

Deve-se inserir a área das paredes internas (AparInt) para cada ambiente e o pé-direito (*PD* = 2,80). O item *Caltura* é calculado automaticamente.

A área de parede interna da sala é **46,20m²** = (4,85 + 4,50 + 3,075 + 2,50 + 0,85 + 2,50 + 0,925) x 2,80 – (0,80 x 2,10) – (4 x 0,70 x 2,10)

Para a suíte a área de parede interna é **22,61m²** = (2,85 + 2,925 + 1,015 + 0,50 + 1,835) x 2,80 – (2x 0,70 x 2,10).

Para o quarto a área da parede interna é **16,10 m²** = (1,835 + 0,50 + 1,015 + 2,925) x 2,80 – (0,70 x 2,10).

J. *Características do isolamento térmico*

Este item deve ser preenchido somente para as Zonas Bioclimáticas mais frias (ZB1 e ZB2). Para as demais, pode-se deixar sem preenchimento ou inserir 0 (zero).

K. <u>*Equivalente numérico envoltória*</u>

No final da planilha, depois de preenchidas todas as células, constará o *Indicador de Graus-hora para Resfriamento*, o *Consumo Relativo para Aquecimento* e o *Consumo Relativo para Refrigeração.* O equivalente numérico desses níveis de eficiência, conforme Tabela 2.1 do RTQ-R é: 5 para nível A, 4 para nível B, 3 para nível C, 2 para nível D e 1 para nível E. Os resultados para o este exemplo estão apresentados na Figura 18.

Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	B 1196	B 1585	C 1996
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m².ano	A 5,486	A 5,982	B 7,239
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m².ano	D 18,273	D 18,546	Não se aplica 0,000

Figura 18 – Níveis de eficiência da envoltória sem pré-requisitos para cada ambiente

1.2.2) Pré-requisitos da envoltória

Após o cálculo dos indicadores deve-se verificar se a envoltória dos ambientes atende aos pré-requisitos do RTQ-R (transmitância e capacidade térmica, porcentagem de abertura para ventilação e iluminação natural).

A Figura 19 apresenta um esquema que ilustra os pré-requisitos aplicados aos ambientes e os pré-requisitos da UH.

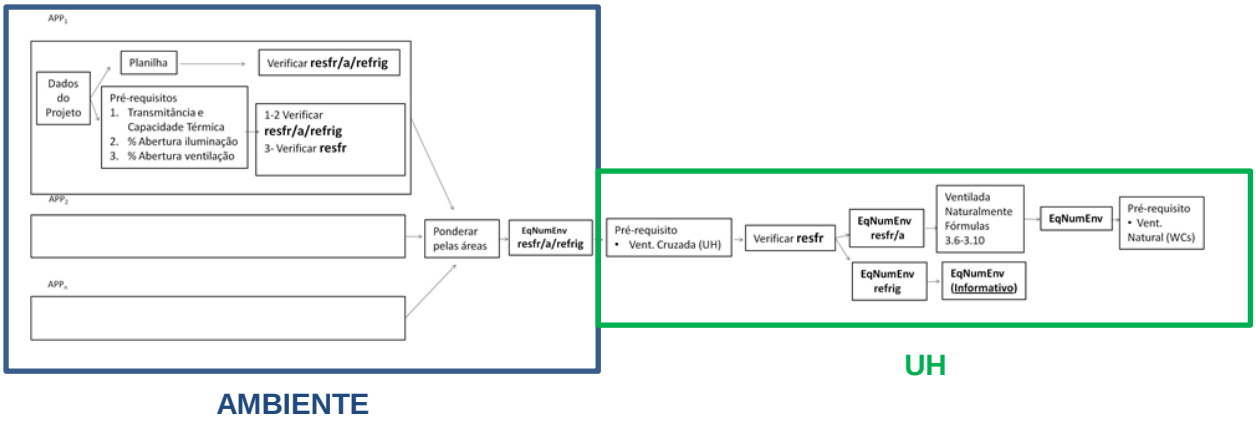


Figura 19 Esquema dos pré-requisitos da envoltória

a) <u>Pré-requisito de transmitância e capacidade térmica</u>

O primeiro pré-requisito a ser avaliado nos ambientes é a transmitância e capacidade térmica de paredes externas e cobertura.

A tabela a seguir consta no RTQ-R e se refere à transmitância térmica e à capacidade térmica, segundo a absortância, que depende da cor da parede e da Zona Bioclimática.

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar (adimensional)	Transmitância térmica [W/(m²K)]	Capacidade térmica [kJ/(m²K)]
ZB1 e ZB2	Parede	Sem exigência	U ≤ 2,50	CT ≥ 130
	Cobertura	Sem exigência	U ≤ 2,30	Sem exigência
ZB3 a ZB6	Parede	α ≤ 0,6	U ≤ 3,70	CT ≥ 130
		α > 0,6	U ≤ 2,50	CT ≥ 130
	Cobertura	α ≤ 0,6	U ≤ 2,30	Sem exigência
		α > 0,6	U ≤ 1,50	Sem exigência
ZB7	Parede	α ≤ 0,6	U ≤ 3,70	CT ≥ 130
		α > 0,6	U ≤ 2,50	CT ≥ 130
	Cobertura	α ≤ 0,4	U ≤ 2,30	Sem exigência
		α > 0,4	U ≤ 1,50	Sem exigência
ZB8	Parede	α ≤ 0,6	U ≤ 3,70	Sem exigência
		α > 0,6	U ≤ 2,50	Sem exigência
	Cobertura	α ≤ 0,4	U ≤ 2,30	Sem exigência
		α > 0,4	U ≤ 1,50	Sem exigência

Tabela 3 – Pré-requisitos de transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas

A UH pertence à Zona Bioclimática 3. Para as paredes da sala, quarto e suíte a absortância é menor que 0,6, ou seja, a transmitância deve ser menor ou igual a 3,70 W/m²K e a capacidade térmica maior ou igual a 130 kJ/m²K. Verificando os valores das propriedades térmicas do edifício exemplo na Figura 10 observa-se que as paredes dos ambientes **atendem ao pré-requisito**.

Como a cobertura não está voltada para o exterior, não é necessário verificar o pré-requisito na cobertura. Caso contrário, o procedimento seria o mesmo descrito para as paredes externas.

Os ambientes **atendem ao pré-requisito**.

Obs.: Caso algum ambiente não atendesse ao pré-requisito, atingiria no máximo C nos equivalentes numéricos para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$), para aquecimento ($EqNumEnvAmb_{A}$) e para refrigeração ($EqNumEnvAmb_{Refrig}$).

b) Pré-requisito de ventilação natural

Para cumprir este pré-requisito a soma das áreas de aberturas para ventilação natural em cada ambiente deve ser maior ou igual a 8% da área útil do ambiente, segundo a Tabela a seguir, constante no RTQ-R.

Ambiente	Percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso (A)		
	ZB 1 a 6	ZB 7	ZB 8
Ambientes de permanência prolongada	A ≥ 8%	A ≥ 5%	A ≥ 10%

Tabela 4: Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área útil do ambiente

Para determinar o percentual de área de ventilação natural pode-se calcular, desconsiderando os caixilhos das aberturas, ou utilizar o Anexo II do RTQ-R.

Para o quarto e a suíte foi usado como referência o Anexo II do RTQ-R, de onde se obteve que a janela de correr com 2 folhas e persiana integrada apresenta 40% de abertura para ventilação natural (ver número 14 do Anexo II).

Quarto / Suíte

Av > 8% AUamb
((2,00 x 1,20) x 0,40) > 8% x 9,26
0,96 > 0,74 **OK!**

Para a sala procedeu-se o cálculo, utilizando os dados da Figura 15.
Av > 8% AUamb
(0,97 x 2,345) > 8% x 21,82*
2,27 > 1,75 **OK!**
**Obs.: Para a avaliação do pré-requisito de iluminação natural a área do corredor deve ser desconsiderada do cálculo da área útil do ambiente, mesmo se o corredor for contíguo ao ambiente de permanência prolongada.*

Logo, os ambientes **atendem ao pré-requisito**.

Obs.: Caso algum ambiente não atendesse ao pré-requisito, atingiria no máximo C no equivalente numérico para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$).

Além do percentual de abertura para ventilação, deve-se verificar se as janelas são passíveis de fechamento durante o período de frio. **OK!**

Os ambientes **atendem ao pré-requisito**.

c) Pré-requisito de iluminação natural

Para cumprir esse requisito a soma das áreas de aberturas para iluminação natural em cada ambiente deve ser maior que 12,5% da área útil do ambiente.

Para determinar o percentual de área de iluminação natural pode-se calcular, desconsiderando os caixilhos das aberturas, ou utilizar o Anexo II do RTQ-R.

Para o quarto e a suíte foi usado como referência o Anexo II do RTQ-R, de onde se obteve que a janela de correr de duas folhas apresenta 75% de abertura para iluminação natural (ver número 14 do Anexo II).

Quarto / Suíte

Ai > 12,5% AUamb

((2,00 x 1,20) x 0,75) > 12,5% x 9,26

1,80 > 1,1575 **OK!**

Para a sala procedeu-se o cálculo, utilizando os dados da Figura 20.

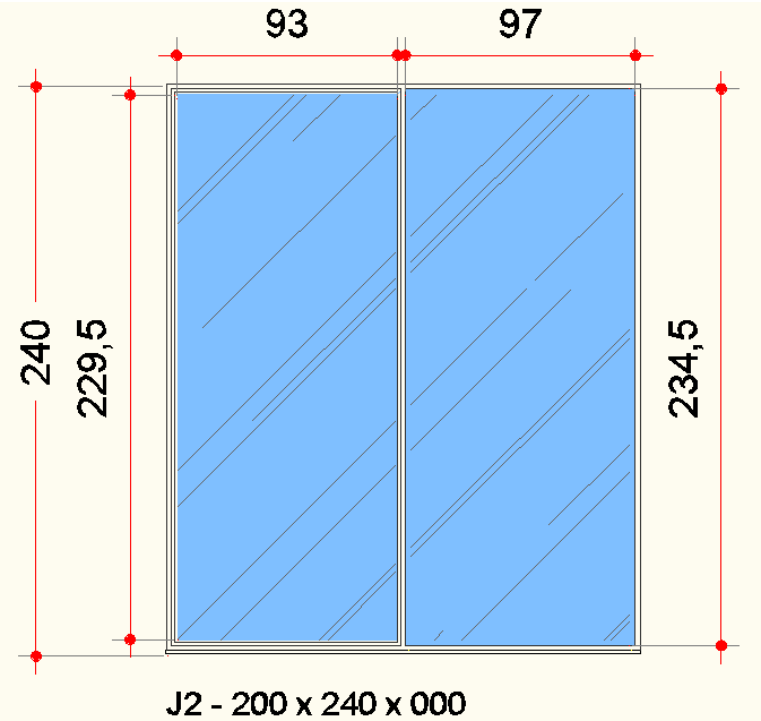


Figura 20 Área para iluminação natural da sala

Ai > 12,5% AUamb

(0,93 x 2,295 + 0,97 x 2,345) > 12,85% x 21,82*

4,41 > 2,73: **OK!**

*Obs.: Para a avaliação do pré-requisito de iluminação natural a área do corredor deve ser desconsiderada do cálculo da área útil do ambiente, mesmo se o corredor for contíguo ao ambiente de permanência prolongada.

Os ambientes **atendem ao pré-requisito**.

Obs.: Caso algum ambiente não atendesse ao pré-requisito, atingiria no máximo C nos equivalentes numéricos para resfriamento ($EqNumEnvAmb_{Resfr}$), para aquecimento ($EqNumEnvAmb_{A}$) e para refrigeração ($EqNumEnvAmb_{Refrig}$).

Após a aplicação dos pré-requisitos, os níveis de eficiência para cada ambiente são apresentados na Figura 21. Como todos os ambientes foram atendidos, não houve alteração nos níveis obtidos pelo cálculo das equações (Figura 18).

		Suíte	Quarto	Sala
Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Envoltória para Verão	B	B	C
		4,00	4,00	3,00
	Envoltória para Inverno	A	A	B
		5,00	5,00	4,00
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente	D	D	Não se aplica
		2,00	2,00	0,00

Figura 21 - Planilha da pontuação após a avaliação dos pré-requisitos os ambientes

1.2.3) PRÉ-REQUISITOS DA UH

Após a verificação dos pré-requisitos dos ambientes, ainda é preciso verificar os pré-requisitos da UH (ventilação cruzada e ventilação natural nos banheiros).

Para a ventilação cruzada deve-se atender a seguinte proporção:

$A_2/A_1 \geq 0,25$

Onde:

A_1: somatório $A_{ventilação}$ nas fachadas da orientação com maior área de abertura.

A_2: somatório $A_{ventilação}$ nas fachadas das demais orientações.

Para o apartamento A:

*A_1: **3,35m²**(fachada oeste): J2 + J3 + J4 = 2,27m² + 0,768m² + 0,315m²*

*A_2: **1,92m²**(demais fachadas, no caso fachada Norte): J1 + J1 = 0,96m² + 0,96 m²*

$A_2 / A_1 \geq 0,25$

$1,92 / 3,35 \geq 0,25$

$0,57 \geq 0,25$ ***OK!***

A UH **atende ao pré-requisito**.

O próximo pré-requisito solicita que 50% dos banheiros presentes no apartamento tenham ventilação natural. No exemplo esse pré-requisito **é atendido** uma vez que um dos dois banheiros tem ventilação natural.

1.2.4) EqNumEnv

Depois de inseridos os dados na planilha, verificados os pré-requisitos para cada ambiente e obtidos os equivalentes numéricos da envoltória dos ambientes ($EqNumEnvAmb_{Resfr,}$ $EqNumEnvAmb_{A}$ e $EqNumEnvAmb_{Refrig}$) é necessário calcular os equivalentes numéricos **da envoltória** para resfriamento, aquecimento e refrigeração ($EqNumEnv_{Resfr,}$ $EqNumEnv_{A}$ e $EqNumEnv_{Refrig}$). Isto é feito por ponderação dos equivalentes numéricos dos ambientes pela área útil dos mesmos. (Figura 22)

		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH	Envoltória para Verão	C	C
		3,43	3,43
	Envoltória para Inverno	B	B
		4,43	4,43
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente	D	D
		2,00	2,00

Figura 22 - Equivalentes numéricos e níveis de eficiência da envoltória da UH

Por fim, para obter a classificação da envoltória deve-se proceder a ponderação dos equivalentes numéricos de resfriamento e aquecimento. Para a Zona Bioclimática 3 utiliza-se a equação 3.8 do RTQ-R.

$$EqNumEnv = 0,64 \times EqNumEnv_{Resfr} + 0,36 \times EqNumEnv_{A}$$

$$0,64 \times 3,43 + 0,36 \times 4,43 = \mathbf{3,79}$$

Nível B

Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos restantes	Nota final da envoltória da UH
	B	B
	3,79	3,79

Figura 22 Equivalente numérico e nível de eficiência da envoltória da UH

1.3) AVALIAÇÃO DO AQUECIMENTO DE ÁGUA

O sistema de aquecimento de água instalado na UH deve ser avaliado para se obter o equivalente numérico aquecimento de água (EqNumAA).

O apartamento A apresenta um sistema de aquecimento de água composto por chuveiro elétrico, cuja potência de cada um dos dois chuveiros elétricos é de 5000 W.

De acordo com o RTQ-R, para chuveiros elétricos com potência superior a 4.600W a classificação é **E** com um equivalente numérico **EqNumAA = 1**.

1.4) BONIFICAÇÕES

Este passo consiste em avaliar a presença de eventuais bonificações que podem aumentar o nível de eficiência da edificação. As bonificações presentes do apartamento A serão somadas à pontuação total.

Bonificações = b1 + b2 + b3 + b4 + b5 + b6 + b7 + b8

b1 = ***Ventilação Natural (até 0,40 pontos)***

a) Porosidade (0,12)

Para atender a esse requisito, deve-se calcular:

$\frac{Área\ Total\ das\ Aberturas\ da\ Fachada}{Área\ Total\ da\ Fachada} \geq \mathbf{16,00}\%$ em todas as fachadas (para situação onde a UH encontra-se no **3º pavimento**).

Onde:

o valor de porosidade é 16,00% enquanto a UH avaliada é localizada no 3º pavimento e se aplica um coeficiente de redução de **0,8 (20% x 0,8= 16,00%)**.

No edifício exemplo tem-se na orientação **Norte**:

- Área total das aberturas (para ventilação) da Fachada = 1,92m² (J1 +J1), e
- Área total da Fachada = 7,3 x 2,8 = 20,44m²; logo, a Porosidade Norte = 9,3%

Enquanto que na orientação Oeste:

- Área total das aberturas (para ventilação) da Fachada = 3,35m² (J2 + J3 + J4*)* e
- Área total da Fachada = 11,3 x 2,8 = 31,64m²; logo, a Porosidade Norte = 10,6%

.

Como o apartamento encontra-se num pavimento intermediário (neste exemplo consideramos o apartamento tipo A do terceiro pavimento), os requisitos do RTQ-R para obtenção desta bonificação **não são atendidos**, pois pelo menos duas fachadas devem atender à porcentagem mínima de 16,0%.

b) Dispositivos especiais (0,16)

O apartamento não cumpre com os requisitos do RTQ-R para obtenção desta bonificação.

c) Centro geométrico (0,06)

O apartamento não cumpre com os requisitos do RTQ-R para obtenção desta bonificação.

d) Permeabilidade 0,06)

Não é aplicável para a Zona Bioclimática 3.

b2 = Iluminação Natural (até 0,30 pontos)

a) Profundidade (0,20 pontos)

Para receber essa bonificação, 50% mais 1 dos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia com iluminação natural devem ter profundidade máxima calculada através da Equação:

$$P \leq 2,4\ ha$$

Onde:

P: profundidade do ambiente

ha: distância entre o piso e altura máxima da abertura para iluminação natural, excluindo caixilhos

Sala Estar/Jantar = 4,85 ≤ 2,4 x 2,4 = **4,85 ≤ 5,76**
Quarto = 2,85 ≤ 2,4 x 2,4 = **2,85 ≤ 5,76**
Suíte = 2,85 ≤ 2,4 x 2,4 = **2,85 ≤ 5,76**
Cozinha-Lavandaria = 3,77 ≤ 2,4 x 2,4 = **3,77 ≤ 5,76**

Todos os ambientes atendem ao exigido, portanto soma-se **0,20** pontos de bonificação.

b) Refletância Teto (0,10 pontos)

Cada ambiente de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia deve ter refletância do teto acima de 60%.

O apartamento recebe **0,10** pontos, visto que possui refletância de 80%.

Para Bonificação b2 o apartamento somou um total de **0,30** pontos.

b3 = Uso racional de água (0,20 pontos)

O apartamento não cumpre com os requisitos do RTQ-R para obtenção desta bonificação.

b4 = Condicionamento artificial de ar (0,20 pontos)

O apartamento não cumpre com os requisitos do RTQ-R para obtenção desta bonificação.

b5 = Iluminação artificial (0,10 pontos)

A UH recebe **0,10** pontos, pois possui 100% das fontes de iluminação artificial com Selo Procel.

b6 = Ventiladores de teto (0,10)

O apartamento não cumpre com os requisitos do RTQ-R para obtenção desta bonificação.

b7 = Refrigeradores instalados na UH (0,10 pontos)

O apartamento recebe **0,10 pontos**, pois será entregue um refrigerador com ENCE A. Deve-se também garantir condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante.

b8 = Medição Individualizada (0,10 pontos)

O apartamento A não possui sistema de aquecimento da água partilhado por mais de uma UH, portanto não recebe a bonificação.

Total das Bonificações:

Bonificações = b2 + b5 + b7= 0,30 + 0,10 + 0,10 = **0,50**

1.5) CLASSIFICAÇÃO DA UH

Para encontrar a pontuação total da unidade habitacional autônoma deve-se utilizar a equação 2.1 do RTQ-R.

$$PT = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAA] + Bonificações$$

PT = (0,65 x 3,79) + [(1 – 0,65) x 1] + 0,50

PT =3,32

A Pontuação Total da UH é **3,32** referente ao **nível C**(Figura 23).

Análise da classificação final da UH
RTQ - Edificações Residenciais

Pontuação Total	Identificação	Apart A - 3º pavimento
	Envoltória para Verão	C
		3,43
	Envoltória para Inverno	B
		4,43
	Aquecimento de Água	E
		1,00
	Equivalente numérico da envoltória	B
		3,79
	Envoltória se refrigerada artificialmente	D
		2,00
	Bonificações	0,50
	Região	Sul
	Coeficiente a	0,65

Classificação final da UH	C
Pontuação Total	3,32

Figura 23: Resumo dos dados e pontuação total da UH

A Figura 24 ilustra o modelo de ENCE que este apartamento obteria em função das classificações alcançadas.

Figura 24: Modelo de ENCE obtida pelo apartamento avaliado

Para obter a classificação dos outros 21 apartamentos presentes na edificação multifamiliar o processo de cálculo é o mesmo realizado para o apartamento A avaliado.

A Figura 25 apresenta os resultados (equivalentes numéricos e classificação) para resfriamento, aquecimento e refrigeração de cada apartamento.

	Tipo A			Tipo B		Tipo C			Tipo D	
	Térreo	Intermediário	Cobertura	Térreo	Intermediário	Térreo	Intermediário	Cobertura	Térreo	Intermediário
ENVOLTÓRIA PARA VERÃO	B	C	C	B	C	B	C	C	B	C
	4,22	3,43	3,43	4,43	3,43	4,22	3,22	3,22	4,22	3,43
ENVOLTÓRIA PARA INVERNO	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	4	4,43	4	4	4	4	4,43	4	4	4
ENVOLTÓRIA SE REFRIGERADA ARTIFICIALMENTE	C	D	C	C	C	C	D	C	C	C
	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3

Figura 25- Classificação das envoltórias para verão (resfriamento), inverno (aquecimento) e refrigerada artificialmente de cada apartamento da edificação.

Dando continuidade aos mesmos cálculos realizados para o apartamento A, verificam-se os pré-requisitos da envoltória, e faz-se a ponderação dos equivalentes numéricos para resfriamento e aquecimento de cada UH resultando na classificação da envoltória das UHs (Figura 26).

	Tipo A			Tipo B		Tipo C			Tipo D	
	Térreo	Intermediário	Cobertura	Térreo	Intermediário	Térreo	Intermediário	Cobertura	Térreo	Intermediário
Equivalente numérico da envoltória	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	4,14	3,79	3,64	4,28	3,64	4,14	3,66	3,5	4,14	3,64

Figura 26 - Classificação final dos níveis de eficiência para a envoltória de cada apartamento.

Após a análise do aquecimento de água e das bonificações calcula-se a pontuação total das UHs (Figura 27).

	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
	Cobertura			
Classificação Final da UH	C		C	
Pontuação Total	3,21		3,12	
	Intermediário			
Classificação Final da UH	C	C	C	C
Pontuação Total	3,32	3,21	3,23	3,21
	Térreo			
Classificação Final da UH	B	B	B	B
Pontuação Total	3,54	3,63	3,54	3,54

Figura 27 - Classificação das UHs

As Figuras 28 e 29 ilustram as classificações obtidas pelas UHs, onde pode-se perceber que as UHs em contado com o solo obtiveram nível B e as demais nível C. Portanto, na Edificação multifamiliar tem-se:

- ENCE **A** - 0 apartamentos;
- ENCE **B** - 4 apartamentos;
- ENCE **C** - 18 apartamentos;
- ENCE **D** - 0 apartamentos;
- ENCE **E** - 0 apartamentos.

Figura 28 – Vista Norte-Leste do edifício exemplo com a classificação dos apartamentos

Figura 29 – Vista Sul-Oeste do edifício exemplo com om a classificação dos apartamentos

2) EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR

Para obter a classificação energética da edificação multifamiliar do exemplo deve-se ponderar os equivalentes numéricos das 22 UHs da edificação (obtidos na Figura 27) pela área útil das mesmas (57,72m^2), excluindo varandas e terraços.

$EqNum_{MF}$= ($EqNumUH_{AppA}$x A_{AppA}) + ($EqNumUH_{AppB}$ x A_{AppB}) + ($EqNumUH_{AppC}$x A_{AppC}) + ($EqNumUH_{Appx}$ x A_{AppX})/(Σ A_{AppX}) = **3,29**

A pontuação total da edificação multifamiliar é **3,29**, resultando em classificação **nível C**. A Figura 30 ilustra o modelo de ENCE que esta edificação obteria em função da classificação alcançada.

Figura 30 – Modelo de ENCE obtida pela Edificação Multifamiliar do edifício exemplo

3) ÁREAS DE USO COMUM

3.1 ÁREA COMUM DE USO FREQUENTE

3.1.1) Iluminação artificial

A iluminação artificial é classificada de acordo com a Tabela 6.1 do RTQ-R. Neste edifício exemplo, a iluminação das áreas comuns de uso frequente é representada pela iluminação do hall e das escadas, cujas características são apresentadas na Tabela 1.

Tem-se que algumas lâmpadas possuem ENCE B, totalizando 240 W de potência e outras possuem ENCE A, totalizando 120 W.

$$\frac{(4 \times 240) + (5 \times 120)}{360} = 4{,}33$$

EqNumIlum$_F$= **4,33** - Nível **B**

PIlum$_F$=**360** W

3.1.2) Bombas centrífugas

As bombas centrífugas são classificadas de acordo com a sua classificação no PBE/Inmetro. A bomba centrífuga do edifício exemplo possui ENCE C e potência de 1,5 kW.

EqNumB= **3** – Nível **C**

PB=**1.500** W

Caso existissem bombas centrífugas de classificações diferentes, uma ponderação deveria ser feita entre o equivalente numérico e a potência de cada bomba.

3.1.3) Elevadores

Os elevadores são avaliados de acordo com a Tabela 6.3 do RTQ-R, em função da sua categoria de uso.

No edifício exemplo tem-se que o elevador é nível B.

EqNumElev= **4** – Nível **B**

3.1.4) Pontuação das áreas comuns de uso frequente

As áreas comuns de uso frequente possuirão a seguinte classificação:

$$\frac{\left(\frac{EqNumIlum_F \times PIlum_F + EqNumB_F \times PB_F}{PIlum_F + PB_F}\right) + EqNumElev}{2}$$

$$\frac{\left(\frac{(4\times240) + (5\times120) + (3\times1500)}{360+1500}\right) + 4}{2} = 3{,}63$$

EqNum$_F$ = **3,63** – Nível **B**

3.2 ÁREA COMUM DE USO EVENTUAL

3.2.1) Iluminação artificial

A iluminação artificial é classificada de acordo com a Tabela 6.1 do RTQ-R. Neste exemplo, a iluminação das áreas comuns de uso eventual é representada pela iluminação do salão de festas e dos banheiros do salão de festas, cujas características são apresentadas na Tabela 1.

Tem-se que algumas lâmpadas possuem ENCE B, totalizando 200W de potência e outras possuem Selo Procel, totalizando 32W.

$$\frac{(4\times200) + (5\times32)}{232} = 4{,}14$$

EqNumIlum$_E$ = **4,14** - Nível **B**

PIlum$_E$ = **232** W

3.2.2) Equipamentos

Os equipamentos são classificados de acordo com a sua classificação no PBE/Inmetro. No edifício exemplo a geladeira possui ENCE A e potência de 22,7 W e o fogão Selo Conpet. O fogão não entra no cálculo da potência instalada dos equipamentos, mas é necessário que tenha Selo Conpet para que o sistema “Equipamentos” obtenha níveis A e B de eficiência.

EqNumEq = **5** – Nível **A**

PEq = **22,7** W

Caso existissem equipamentos de classificações diferentes, uma ponderação deveria ser feita entre o equivalente numérico e a potência de cada um.

3.2.3) Sistemas de aquecimento de água

Não há sistema de aquecimento de água para banho ou piscina. Caso existisse, deveriam ser avaliada de acordo com o item 6.2.2.3 do RTQ-R

3.2.4) Sauna

O edifício exemplo não apresenta sauna. Caso existisse, esta deveria ser avaliada de acordo com o item 6.2.2.4 do RTQ-R.

3.1.4) Pontuação das áreas comuns de uso eventual

As áreas comuns de uso eventual possuirão a seguinte classificação:

$$\left(\frac{EqNumIlum_E \times PIlum_E + EqNumEq_E \times PEq_E + EqNumAA_E \times PAA_E + EqNumS \times PS}{PIlum_E + PEq_E + PAA_E + PS}\right)$$

$$\left(\frac{(4 \times 200) + (5 \times 32) + (5 \times 22{,}7) + 0 + 0}{232 + 22{,}7 + 0 + 0}\right) = 4{,}21$$

$EqNum_E$ = **4,21** – Nível **B**

3.3 BONIFICAÇÕES

As bonificações presentes nas áreas de uso comum do exemplo devem ser somadas à pontuação total (PT_{AC}).

Bonificações = B1 + B2 + B3

B1 *- Uso racional de água (0,60 pontos).*

As áreas de uso comum **não cumprem com os requisitos** do RTQ-R para obtenção desta bonificação. Caso existissem componentes economizadores e/ou aproveitamento

de água da chuva ou de reuso, a bonificação deveria ser avaliada de acordo com o item 6.3.1 do RTQ-R.

B2- *Iluminação natural em áreas de uso frequente (até 0,20 pontos)*

- Iluminação natural (0,10 pontos)

Para obtenção desta bonificação, o RTQ-R determina que: "*Garagens internas mais 75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente devem apresentar dispositivos de iluminação natural (...), com área de no mínimo 1/10 área do piso do ambiente*".

Para o Hall de entrada no térreo deve-se considerar as portas como abertura.

$$\frac{área\ das\ portas}{área\ piso} = \frac{2{,}94\ m^2}{22{,}01\ m^2} = \mathbf{0,133}$$

0,133 > 0,1 **OK!**

Para os Halls dos pavimentos tem-se que:

$$\frac{área\ janela}{área\ piso} = \frac{1{,}92 m^2}{22{,}01\ m^2} = \mathbf{0,087}$$

0,087 < 0,1 **Não atende!**

Para as escadas tem-se que:

$$\frac{área\ janela}{área\ piso} = \frac{0{,}768\ m^2}{16{,}23\ m^2} = \mathbf{0,047}$$

0,047 < 0,1 **Não atende!**

As áreas de uso comum **não recebem esta bonificação**.

- Refletância do teto

Para obtenção desta bonificação, o RTQ-R determina que: "Garagens internas mais *75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente devem ter refletância do teto acima de 60%*".

Dado que todos os tetos das áreas comuns de uso frequente são da cor branca (refletância de 80%), cumpre-se o requisito para esta bonificação.

Atende à refletância do teto, recebendo 0,10 pontos de bonificação.

B3 - *Ventilação natural em áreas de uso frequente (0,20 pontos)*

Para obtenção desta bonificação, o RTQ-R determina que: "*Garagens mais 75% dos ambientes internos das áreas comuns de uso frequente devem possuir aberturas voltadas para o exterior com área de ventilação de 1/12 da área do piso do ambiente*".

Para o Hall de entrada no térreo deve-se considerar as portas como abertura.

$$\frac{áreas\ das\ portas}{área\ piso} = \frac{2{,}94\ m^2}{22{,}01\ m^2} = \mathbf{0,133}$$

0,133 > 0,083 **OK!**

Para os Halls dos pavimentos tem-se que:

$$\frac{área\ janela}{área\ piso} = \frac{1{,}08\ m^2}{22{,}01\ m^2} = \mathbf{0,049}$$

0,049 > 0,083 **Não atende!**

Para as escadas tem-se que:

$$\frac{área\ janela}{área\ piso} = \frac{0{,}768\ m^2}{16{,}23\ m^2} = \mathbf{0,047}$$

0,047 < 0,083 **Não atende!**

As áreas de uso comum **não recebem esta bonificação**.

Total das Bonificações:

Bonificação = B1 + B2 + B3 = 0,0 + 0,1 + 0,0

B = 0,1

3.4 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁREAS DE USO COMUM

A classificação energética das áreas de uso comum é obtida por meio das equações 2.2 a 2.5 do RTQ-R. Para o exemplo sob avaliação a pontuação total é obtida por:

$$PT_{AC} = 0{,}7 \times \frac{\left(\frac{EqNumIlum_F \times PIlum_F + EqNumB_F \times PB_F}{PIlum_F + PB_F}\right) + EqNumElev}{2} + 0{,}3 \times \left(\frac{EqNumIlum_E \times PIlum_E + EqNumEq_E \times PEq_E + EqNumAA_E \times PAA_E + EqNumS \times PS}{PIlum_E + PEq_E + PAA_E + PS}\right) + Bonificações$$

$$PT_{AC} = 0{,}7 \times \frac{\left(\frac{(4\times240)+(5\times120)+(3\times1500)}{360+1500}\right) + 4}{2} + 0{,}3 \times \left(\frac{(4\times200)+(5\times32)+(5\times22{,}7)+0+0}{232+22{,}7+0+0}\right) + 0{,}1$$

$$PT_{AC} = (0{,}7 \times 3{,}63) + (0{,}3\ x\ 4{,}21) + 0{,}1$$

PT_{AC} =**3,90** – Nível **B**

A Figura 31 ilustra o modelo de ENCE que as áreas de uso comum desta edificação obteriam em função das classificações alcançadas.

Figura 31 – Modelo de ENCE das Áreas de Uso Comum do edifício exemplo