

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Faculdade de Arquitetura

Programa de Pós-Graduação em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade
Aplicados ao Ambiente Construído

Tatiana Fernandes Pedrosa

**ANÁLISE DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL SEGUNDO
REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA NÍVEIS DE
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS -
RTQ-R**

Belo Horizonte

2017

Tatiana Fernandes Pedrosa

**ANÁLISE DE EDIFÍCIO RESIDENCIAL SEGUNDO
REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA NÍVEIS DE
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS -
RTQ-R**

Versão final

Monografia de especialização apresentada à Faculdade de Arquitetura em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção de título de Especialista.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Roberta Vieira Gonçalves de Souza.

Belo Horizonte

2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA - EAUFMG
Rua Paraíba, 697 – Funcionários
30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

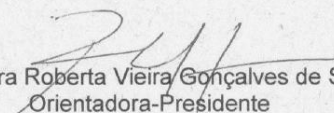
Telefone: (31) 3409-8823

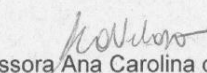
FAX (31) 3409-8822

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DA ALUNA TATIANA FERNANDES PEDROSA, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SISTEMAS TECNOLÓGICOS E SUSTENTABILIDADE APLICADOS AO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Às 14:00 horas do dia **22 de fevereiro de 2017**, reuniu-se na sala 124 da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, a Comissão Examinadora composta pela Professora Roberta Vieira Gonçalves de Souza, Orientadora-Presidente e pela Professora Dra. Ana Carolina de Oliveira Veloso, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído para avaliação da monografia intitulada "**Análise de um edifício residencial segundo o RTQ-R**", de autoria da aluna **Tatiana Fernandes Pedrosa**, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso e recomenda que sejam encaminhados 02 (dois) exemplares para a Biblioteca da Escola de Arquitetura.

Belo Horizonte, 22 de fevereiro de 2017


Professora Roberta Vieira Gonçalves de Souza
Orientadora-Presidente


Professora Ana Carolina de Oliveira Veloso

A minha mãe, minha irmã e meus familiares, por serem minha maior torcida.

A Prof.^a. Roberta por toda atenção e conhecimento prontamente compartilhado.

A Origem Engenharia LTDA. por gentilmente ter autorizado a utilização de seu empreendimento para este estudo.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a Eficiência Energética de uma edificação multifamiliar, localizada na cidade de Belo Horizonte, composta por 6 unidades distintas, sendo duas delas duplex. O edifício foi analisado segundo método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética em edificações Residenciais, RTQ-R. Após sua análise, foi feita uma avaliação de possíveis alterações no projeto, de forma a obter uma melhor classificação final para as unidades. Essas alterações também foram submetidas a uma avaliação financeira, para atestar a viabilidade das mesmas serem implantadas. Conclui-se que hoje o arquiteto tem papel fundamental na eficiência energética das edificações, pois a ineficiência energética que até pouco tempo era ligada apenas aos sistemas de iluminação e ar condicionado, ganhou uma visão mais ampla, ligada à escolha de padrões arquitetônicos adequados ao contexto climático onde a edificação se insere. Muitas vezes soluções simples de projeto com investimentos de retorno rápido, garantem à edificação melhor desempenho energético, e benefícios de longo prazo.

Palavras-chave: eficiência energética, arquitetura, edifícios residenciais

ABSTRACT

The aim of this paper is to analyze the electricity efficiency of a residence building with six distinct units, two of them “duplex” (roof top), located at Belo Horizonte, Minas Gerais - Brazil. The building was analyzed according the prescriptive method of the technical quality regulation of the level of energy efficiency of residential buildings, RTQ-R. After that, an evaluation of the possible changes in the project was made to obtain a better final classification of the units. The changes were submitted to a financial analysis to attest the viability of their implantation. It was concluded that nowadays the architect has a fundamental role in planning the electricity efficiency of the buildings, usually related only with the light system or the air-conditioning, but getting an larger meaning, related to adequate architectural patterns regarding the climate context. Many times simple solutions with short-term investment return, can guarantee a better energy performance and long term benefits to the building.

Keywords: energy efficiency, architecture, residential buildings

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro.....	11
FIGURA 2 – Vista aérea terreno do empreendimento.....	19
FIGURA 3 – Corte esquemático.....	20
FIGURA 4 – Planta pavimento térreo.....	21
FIGURA 5 – Planta 1º pavimento.....	22
FIGURA 6 – Planta 2º pavimento	23
FIGURA 7 – Planta 3º pavimento - cobertura.....	24
FIGURA 8 – Planta 4º pavimento - cobertura.....	25
FIGURA 9 – Características aberturas das esquadrias.....	26
FIGURA 10 –Características térmicas paredes externas – bloco cerâmico.....	28

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Equivalente numérico para níveis de eficiência.....	13
TABELA 2 – Classificação de nível de eficiência energética segundo pontuação obtida.....	13
TABELA 3 –Pré-requisitos da envoltória	14
TABELA 4 – Resumo de dados do empreendimento para cálculo da envoltória.....	31
TABELA 5 – Resumo das classificações das unidades autônomas do empreendimento.....	32
TABELA 6 – Resumo das classificações das unidades autônomas do empreendimento – pós melhorias.....	34

SUMÁRIO

I.	CAPÍTULO – INTRODUÇÃO.....	09
II.	CAPÍTULO – CONDICIONANTES LEGAIS.....	10
	II.I. NBR – DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES.....	10
	II.II. SELO PROCEL – PROCEL EDIFICA.....	11
	II.III. RTQ-R.....	12
	II.III.I. ENVOLTÓRIA.....	14
	II.III.II. SISTEMA DE AQUECIMENTO DE AR.....	16
	II.III.III. BONIFICAÇÕES.....	17
	II.III.IV. ÁREAS COMUNS DE USO FREQUENTE.....	17
	II.III.V. ÁREAS COMUNS DE USO EVENTUAL.....	17
	II.III.VI. BONIFICAÇÕES DAS ÁREAS COMUNS.....	18
III.	CAPÍTULO – O EMPREENDIMENTO.....	19
IV.	CAPÍTULO – ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	28
	IV.I. UNIDADES AUTÔNOMAS.....	28
	IV.I.I. ENVOLTÓRIA.....	28
	IV.I.II. SISTEMAS DE AQUECIMENTO DE ÁGUA.....	29
	IV.I.III. BONIFICAÇÕES.....	29
	IV.I.IV. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	30
	IV.II. ÁREAS COMUNS DE USO FREQUENTE.....	32
V.	CAPÍTULO – MODIFICAÇÕES PROPOSTAS.....	33
	V.I. <i>PAYBACK</i> DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR.....	34
VI.	CAPÍTULO – CONCLUSÕES.....	38
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

I. CAPÍTULO – INTRODUÇÃO

Todo projeto arquitetônico de edificações, deve se submeter às legislações vigentes do local onde se situa o terreno em que é proposto. E também às limitações relativas ao tema proposto.

Da mesma maneira que os projetos arquitetônicos devem seguir limitações urbanísticas, existem também outras questões que devem ser levadas em consideração no momento de concepção de uma edificação, além da estética, o aspecto financeiro é muito bem visto pelo cliente para aumento da rentabilidade do investimento ou economia própria e, é claro, o bem-estar do usuário.

As condicionantes físico-ambientais desempenham papel importante na concepção do projeto arquitetônico e são consideradas indispensáveis para uma estratégia eficiente para a obtenção de conforto térmico e conforto humano na edificação, o que gera indiretamente também uma economia financeira, podendo esta ser imediata ou não.

O objetivo deste estudo é avaliar, por meio do RTQ-R, um projeto de uma edificação multifamiliar, por meio de método prescritivo e verificar as possíveis mudanças para que se alcance uma etiqueta ENCE A, avaliando o impacto financeiro destas alterações para que seja possível aferir a viabilidade econômica da implantação desse tipo de etiquetagem no mercado imobiliário.

II. CAPÍTULO – CONDICIONANTES LEGAIS

II.I. NBR 15.220 – DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES

Com o intuito de padronizar as características construtivas necessárias para melhoria do desempenho térmico das edificações brasileiras, foi publicada no ano de 2005, a NBR 15.220 (ABNT, 2005), que define parâmetros de desempenho térmico para diferentes contextos brasileiros, chamados de Zonas Bioclimáticas.

A Norma é dividida em 5 partes, sendo elas:

- NBR 15.220 – parte I: Definições, símbolos e unidades;
- NBR 15.220 – parte II: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;
- NBR 15.220 – parte III: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;
- NBR 15.220 – parte IV: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;
- NBR 15.220 – parte V: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluxométrico.

Para a análise desse trabalho, foi utilizada a parte III da Norma, onde são dadas as Zonas Bioclimáticas, de forma a avaliar a edificação de acordo com a região de implantação e as características de cada Zona, indicadas na Figura 1.

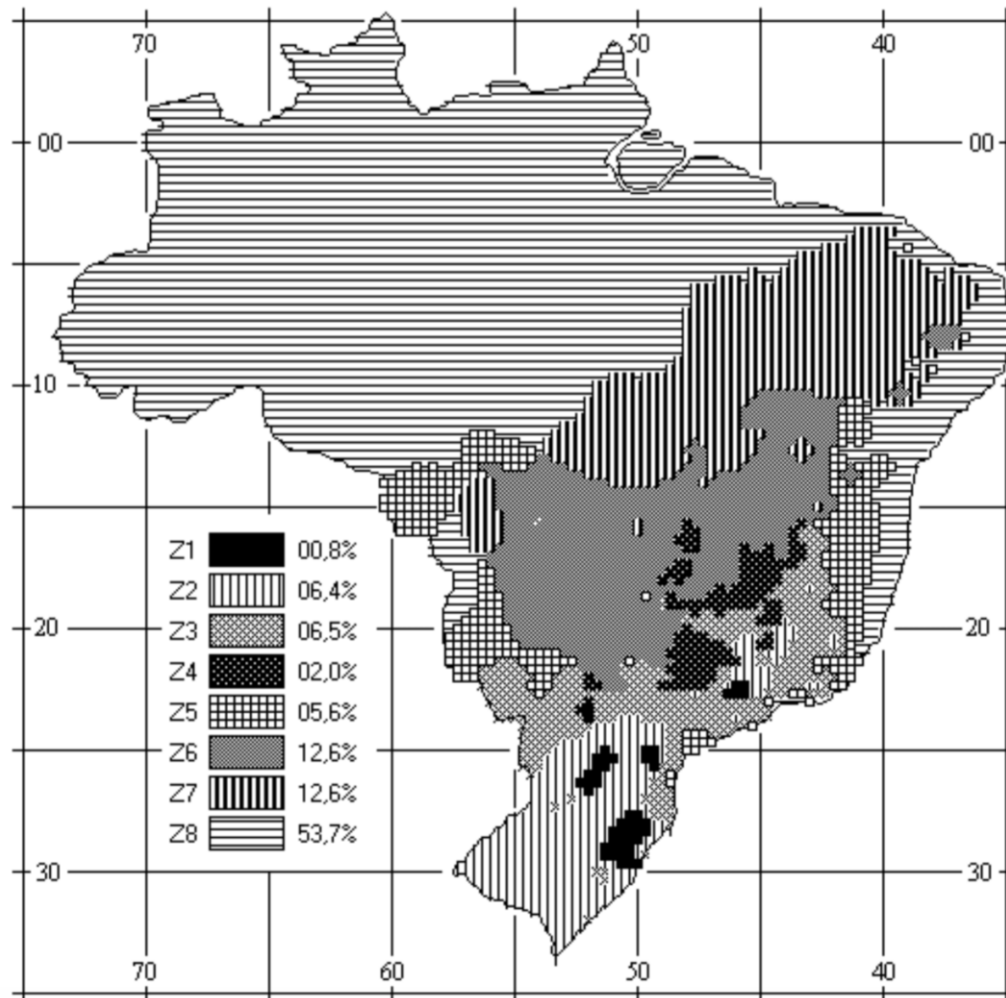


Figura 1 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro (Fonte: ABNT, 2005)

Com a localização da edificação na cidade de Belo Horizonte, a mesma se enquadra na Zona Bioclimática 3, após reconhecimento, foi usado para avaliação da edificação o Regulamento Técnico da Qualidade para níveis de Eficiência Energética em edificações residenciais.

II.II. SELO PROCEL – PROCEL EDIFICA

Criado em 1985, com o objetivo de incentivar o uso eficiente de energia elétrica, em 2009, o programa criou uma nova vertente voltada a certificação de edificações, que por adesão voluntária tem o objetivo de identificar a classificação de eficiência energética das edificações em determinadas categorias. O intuito era motivar os consumidores a adquirirem imóveis mais eficientes, em um setor de extrema importância para o mercado de energia elétrica.

O processo de obtenção do Selo para Edificações deve ser iniciado logo na concepção da edificação, para facilitar o alcance da melhor classificação sem grandes investimentos. O mesmo pode ser outorgado em duas etapas: projeto e edificação concluída, mas até a data desse trabalho, etiqueta apenas edificações comerciais.

O Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, executado pelo Inmetro e coordenado pela Eletrobras fornece a Etiqueta PBE Edifica. O objetivo é evidenciar o atendimento a requisitos de desempenho estabelecidos em normas e regulamentos técnicos e classificar os edifícios em classes que variam da mais eficiente (A) a menos eficiente (E), estas etiquetas são creditadas pelo Inmetro. Já o Selo Procel Edificações, estabelecido em novembro de 2014, é um instrumento de adesão voluntária que tem por objetivo principal identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria, motivando o mercado consumidor a adquirir e utilizar imóveis mais eficientes. Este é um setor de extrema importância no mercado de energia elétrica, representando cerca de 50% do consumo de eletricidade do País. (Procel Info, 2017) É importante mencionar que o Selo Procel, até o momento, não abrange edificações residenciais.

II.III. RTQ-R

O Regulamento Técnico da Qualidade – RTQ para o nível de eficiência energética de Edificações Residenciais é um instrumento importante que institui regras de eficiência energética para os projetos e construções de edificações residenciais, criando condições para etiquetagem das mesmas. Todas as edificações submetidas ao RTQ, devem também atender a ABNT.

Nesse trabalho foi utilizada a etiquetagem para as Unidades Habitacionais, para as Edificações Multifamiliares e para as Áreas de Uso Comum dessa edificação:- Unidades habitacionais (UH): são avaliadas para a etiquetagem requisitos de desempenho térmico da envoltória, sistema de aquecimento de água e se podem ser aplicadas bonificações;

- Edificações multifamiliares: a etiqueta é o resultado da ponderação da avaliação de todas as unidades habitacionais autônomas do edifício;

- Áreas de uso comum: são avaliados a eficiência do sistema de iluminação artificial, o aquecimento de água, os elevadores e as bombas. Cada item avaliado recebe uma classificação de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) conforme indica a Tabela 1.

Nível de Eficiência	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Tabela 1 – Equivalente numérico para níveis de eficiência (Inmetro, 2012)

Após realizada toda a avaliação, são ponderadas as notas e de acordo com a pontuação obtida, se atribui uma classificação que varia da mais eficiente (A) à menos eficiente (E) conforme indica a Tabela 7.

Pontuação (PT)	Nível de Eficiência
$PT \geq 4,5$	A
$3,5 \leq PT < 4,5$	B
$2,5 \leq PT < 3,5$	C
$1,5 \leq PT < 2,5$	D
$PT < 1,5$	E

Tabela 2 – Classificação do nível de eficiência energética segundo pontuação obtida (Inmetro, 2012)

A ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia), leva em consideração a avaliação dos seguintes itens, que são avaliados por esse regulamento:

- Envoltória para verão;

- Envoltória para inverno;
- Aquecimento de água;
- Bonificações:
 - o Iluminação natural;
 - o Iluminação artificial;
 - o Ventilação natural;
 - o Ventilação mecânica;
 - o Condicionamento artificial;
 - o Uso racional de água;
 - o Equipamentos.

Cada um dos itens avaliados, com seu respectivo peso, determinam através de equação, a pontuação final da unidade.

II.III.I. ENVOLTÓRIA

PRÉ REQUISITO GERAL DA ENVOLTÓRIA

Assim como a maioria dos itens, a envoltória precisa atender alguns pré-requisitos, em cada ambiente separadamente, de acordo com a Zona Bioclimática (Tabela 8) e o não atendimento desses pré-requisitos, implica em uma nota máxima C para o ambiente analisado.

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar (adimensional)	Transmitância térmica [W/(m ² K)]	Capacidade térmica [kJ/(m ² K)]
ZB3 a ZB6	Parede	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	$CT \geq 130$
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 1,50$	Sem exigência

Tabela 3 – Pré-requisitos da envoltória (Fonte: Inmetro, 2012)

PRÉ REQUISITOS VENTILAÇÃO NATURAL

Todos os ambientes de permanência prolongada devem possuir áreas de abertura mínimas para ventilação. E assim como a envoltória, o não atendimento desse pré-requisito, implica em uma nota máxima C para o

ambiente analisado. Para a ZB3, a área mínima é de 8% em relação a área de piso dos ambientes de permanência prolongada. E ainda, ao menos 50% dos banheiros devem possuir ventilação natural. Caso este pré-requisito não seja atendido, a classificação máxima possível para a UH é B.

PRÉ REQUISITOS VENTILAÇÃO CRUZADA

Na ZB3, devemos obrigatoriamente ter ventilação cruzada proporcionada pelas aberturas internas e externas. Tais aberturas devem atender a proporção entre o somatório das áreas de ventilação efetivas da fachada com maior número de aberturas pelo somatório das demais áreas de abertura das outras fachadas, o resultado precisa ser maior ou igual a 0,25. Caso este pré-requisito não seja atendido a UH poderá atingir classificação máxima C.

PRÉ REQUISITOS ILUMINAÇÃO NATURAL

Assim como na ventilação natural, os ambientes de permanência prolongada precisam ter uma iluminação natural mínima de 12,5%. O não atendimento desse item implica em nota máxima C.

EFICIÊNCIA DA ENVOLTÓRIA – MÉTODO PRESCRITIVO

Para cálculo da eficiência energética no método prescritivo, são levados em consideração apenas os ambientes de permanência prolongada ou aqueles que não possuem divisórias com os mesmos.

O método se utiliza de equações de acordo com cada Zona Bioclimática. Considerando a ZB3, zona utilizada no projeto do trabalho em questão, podemos concluir através de sua equação que 64% do equivalente numérico é dado para a Envoltória de Verão e 36% para a Envoltória de Inverno.

ENVOLTÓRIA CONDICIONADA ARTIFICIALMENTE

O nível alcançado nesse item é apenas informativo, mas deve ser calculado, para a obtenção de bonificação de condicionamento artificial de ar.

II.III.II. SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

Para que seja computada pontuação pelo aquecimento de água, o sistema precisa ser entregue completo e não apenas previsão de futuras instalações.

PRÉ-REQUISITOS

O projeto hidrossanitário deve contemplar tubulações apropriadas para água quente e devem atender as normas técnicas. Também para obtenção dos níveis A e B, deve-se comprovar o isolamento térmico das tubulações metálicas com espessura mínima de 1cm para tubulações inferiores a 40mm de diâmetro e 2,5cm para tubulações maiores.

Nos reservatórios de água quente, para sistemas que não sejam de aquecimento solar, deve-se comprovar que a estrutura do mesmo apresenta resistência térmica mínima.

EFICIÊNCIA DO AQUECIMENTO DE ÁGUA

Todos os sistemas devem ter tubulações apropriadas para a condução de água quente, atendendo as normas técnicas quando aplicáveis, os reservatórios, exceto para o sistema de aquecimento solar, devem comprovar resistência térmica mínima e quando se tratar de classificações A e B, deve-se comprovar isolamento térmico da tubulação, de acordo com o exigido pelo RTQ-R. Na região Sudeste, onde se localiza o edifício estudado, caso não exista aquecimento de água instalado, deve-se adotar nota máxima E.

A seguir são listados os diversos tipos de sistema de aquecimento de água:

- Aquecimento Solar;
- Aquecimento à Gás;
- Aquecimento Elétrico;
- Caldeiras à Óleo.

II.III.III. BONIFICAÇÕES

O Regulamento Técnico de Qualidade, prevê algumas iniciativas que favorecem a eficiência energética das unidades autônomas, podendo gerar uma bonificação de até 1 ponto na classificação final da unidade, sendo somados aos pontos obtidos anteriormente.

A nota final de bonificação pode ser alcançada parcialmente, não sendo necessário cumprir todos os itens. Cada item possui uma fração do valor total das bonificações e a nota final desse quesito é dada pelo somatório das bonificações obtidas em cada item.

II.III.IV. ÁREAS COMUNS DE USO FREQUENTE

Para avaliação geral do Edifício Multifamiliar, após avaliadas as unidades habitacionais autônomas, é necessário se avaliar as áreas de uso comum dos edifícios.

As áreas coletivas de uso frequente são avaliadas por 3 itens:

- Iluminação artificial: para obtenção de nível A ou B, as áreas que não forem projetadas para funcionarem durante todo o dia, devem ter sensores de presença e sua iluminação artificial programada para estar desligada quando houver luz natural, havendo exceção apenas para áreas que a iluminação seja parte do controle de segurança;
- Bombas centrífugas: todas as bombas da edificação devem possuir ENCE e serão consideradas as classificações que as mesmas obtiverem, caso contrário, serão classificadas como E;
- Elevadores: a classificação é atribuída em função da demanda de energia dos mesmos.

II.III.V. ÁREAS COMUNS DE USO EVENTUAL

Assim como as áreas comuns de uso frequente, as áreas de uso eventual também precisam ser avaliadas, quando existirem, para nota final do edifício.

Por serem construídas normalmente separadas da edificação as mesmas são classificadas por:

- Envoltória;
- Iluminação artificial;
- Equipamentos;
- Aquecimento de água;
- Sauna.

II.III.VI. BONIFICAÇÕES DAS ÁREAS COMUNS

Do mesmo modo que nas unidades habitacionais autônomas, as áreas comuns também possuem bonificações para iniciativas que aumentem a eficiência energética. São elas:

- Uso racional de água;
- Iluminação natural;
- Ventilação natural.

III. CAPÍTULO – O EMPREENDIMENTO

Localizado na Rua Cubatão, nº185, Bairro Renascença, na cidade de Belo Horizonte, o Edifício Multifamiliar se enquadra na Zona Bioclimática 3, conforme a NBR 15220.



Figura 2 – Vista aérea terreno do empreendimento (Fonte: Google Earth, 2016)

Se trata de uma edificação de pequeno porte, que possui 5 pavimentos (Figura 3), com 2 apartamentos por andar, sendo 2 com área privativa descoberta e 2 com cobertura. Os apartamentos tipo possuem aproximadamente 59 m², 3 quartos, sendo um deles suíte e sala com cozinha integrada. Os apartamentos de cobertura possuem aproximadamente 90 m² de área coberta, 4 quartos, sendo 2 suítes e sala com cozinha integrada.

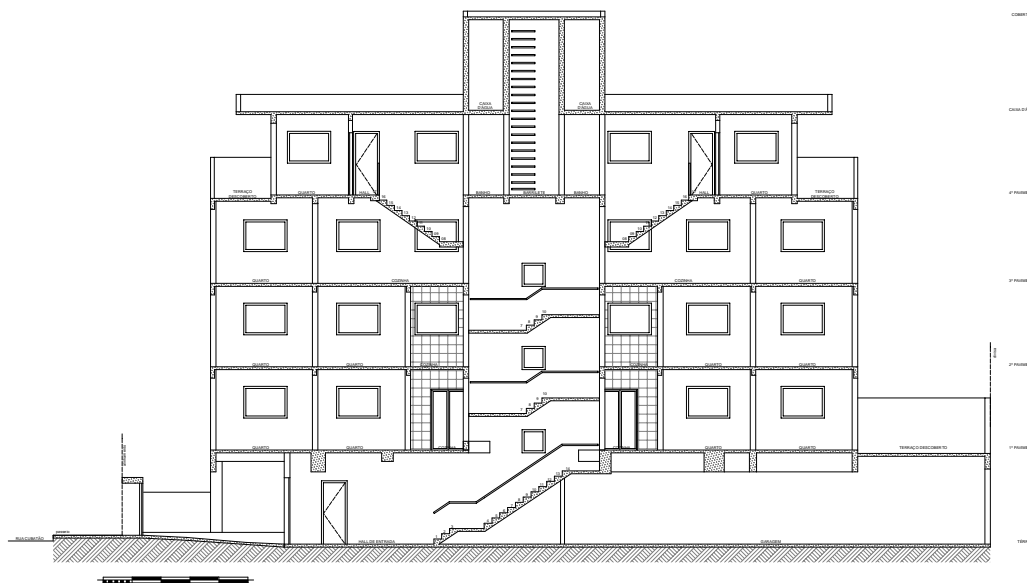


Figura 3 – Corte esquemático (Fonte: Autora, 2016)

Os pavimentos são compostos como se descreve a seguir:

- Térreo (Figura 4): hall de entrada e garagem coberta;
- 1º Pavimento (Figura 5): 2 unidades habitacionais autônomas espelhadas de 3 quartos, com terraços privativos descobertos – apartamentos 101 e 102;
- 2º Pavimento (Figura 6): 2 unidades habitacionais autônomas espelhadas de 3 quartos, idem 1º pavimento, porém desprovidas de terraços privativos descobertos – apartamentos 201 e 202;
- 3º pavimento (Figura 7): 1º pavimento de cobertura, com 2 unidades habitacionais autônomas espelhadas de 4 quartos – apartamentos 301 e 302;
- 4º pavimento (Figura 8): 2º pavimento de cobertura, com área privativa coberta e descoberta de ambas as unidades – apartamentos 301 e 302;

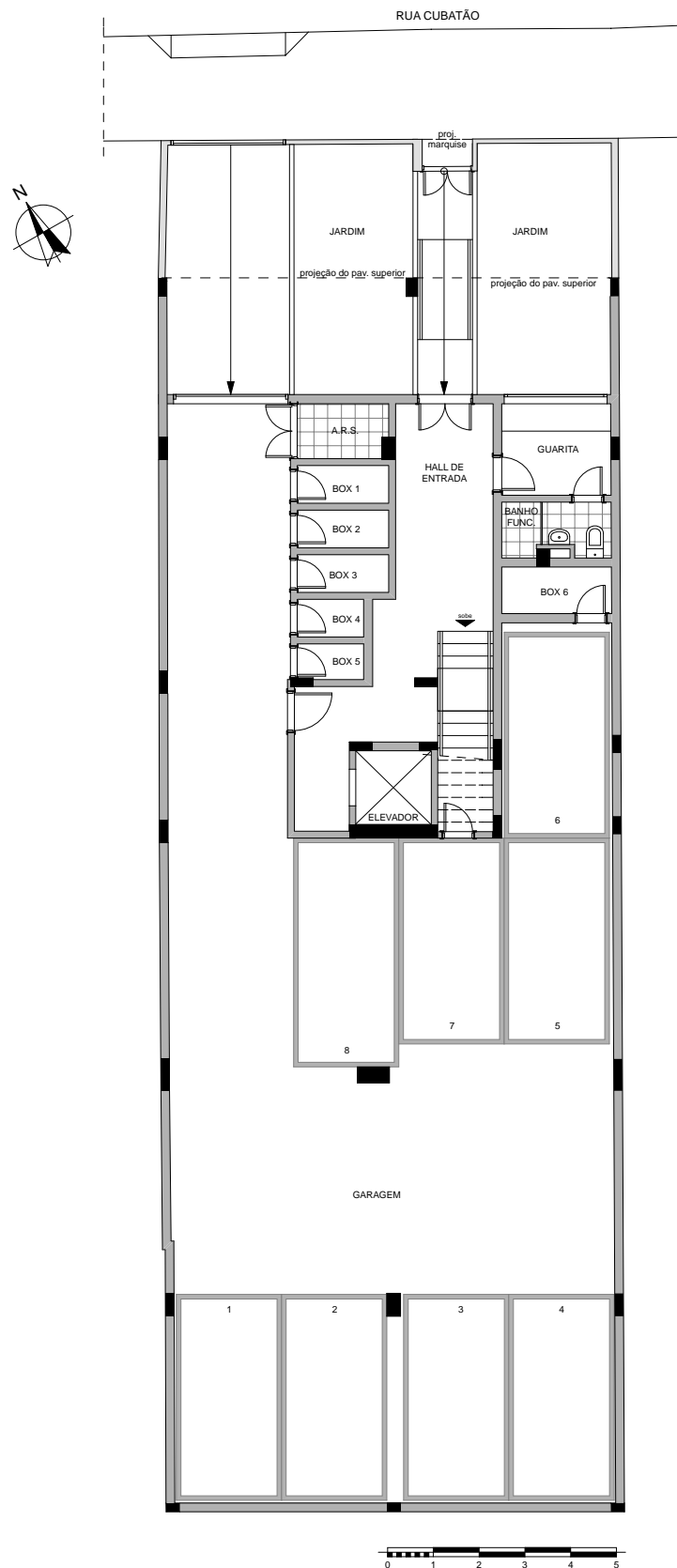


Figura 4 – Planta pavimento térreo (Fonte: Autora, 2016)

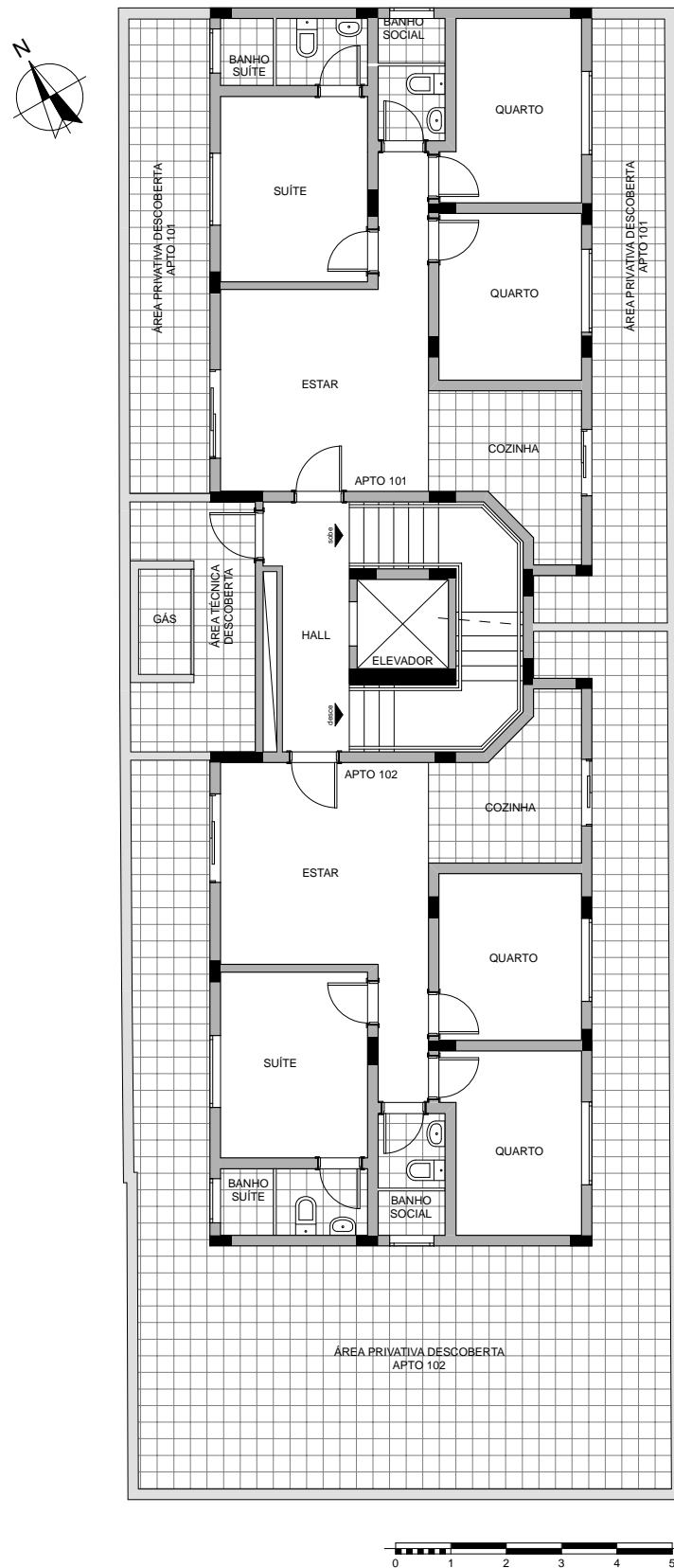


Figura 5 – Planta 1º pavimento (Fonte: Autora, 2016)

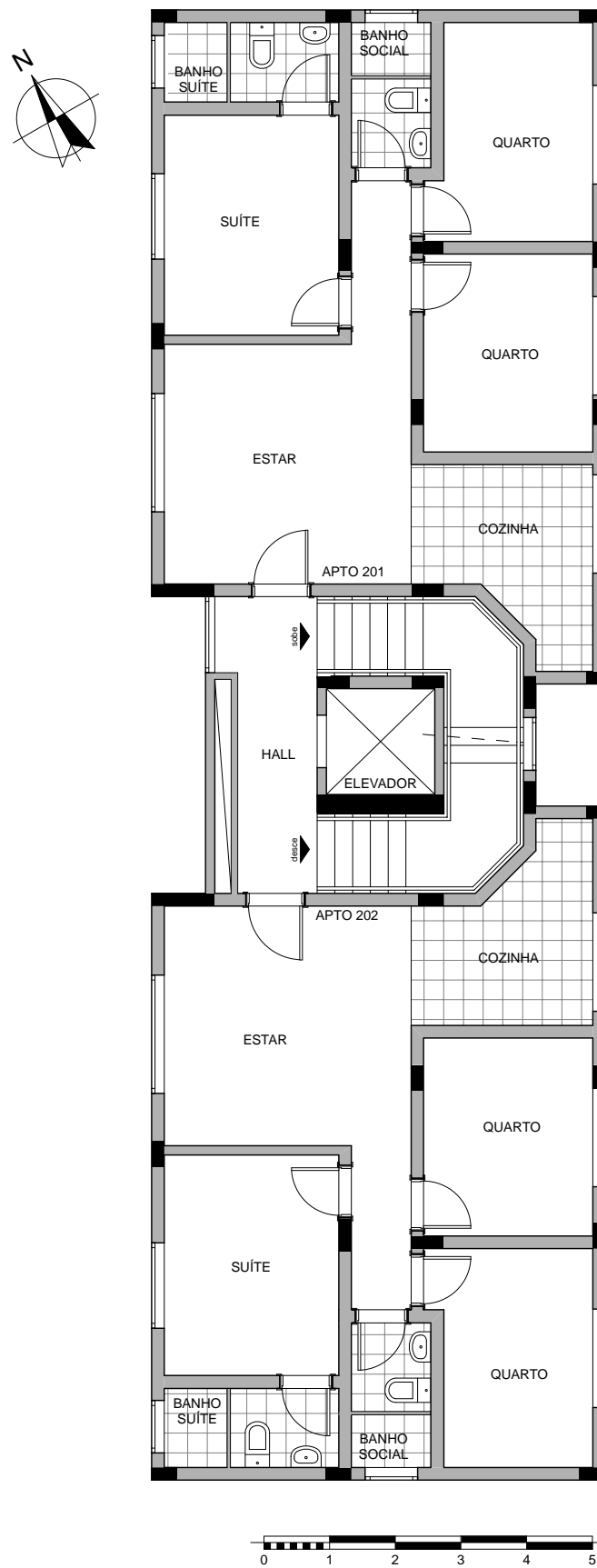


Figura 6 – Planta 2º pavimento (Fonte: Autora, 2016)

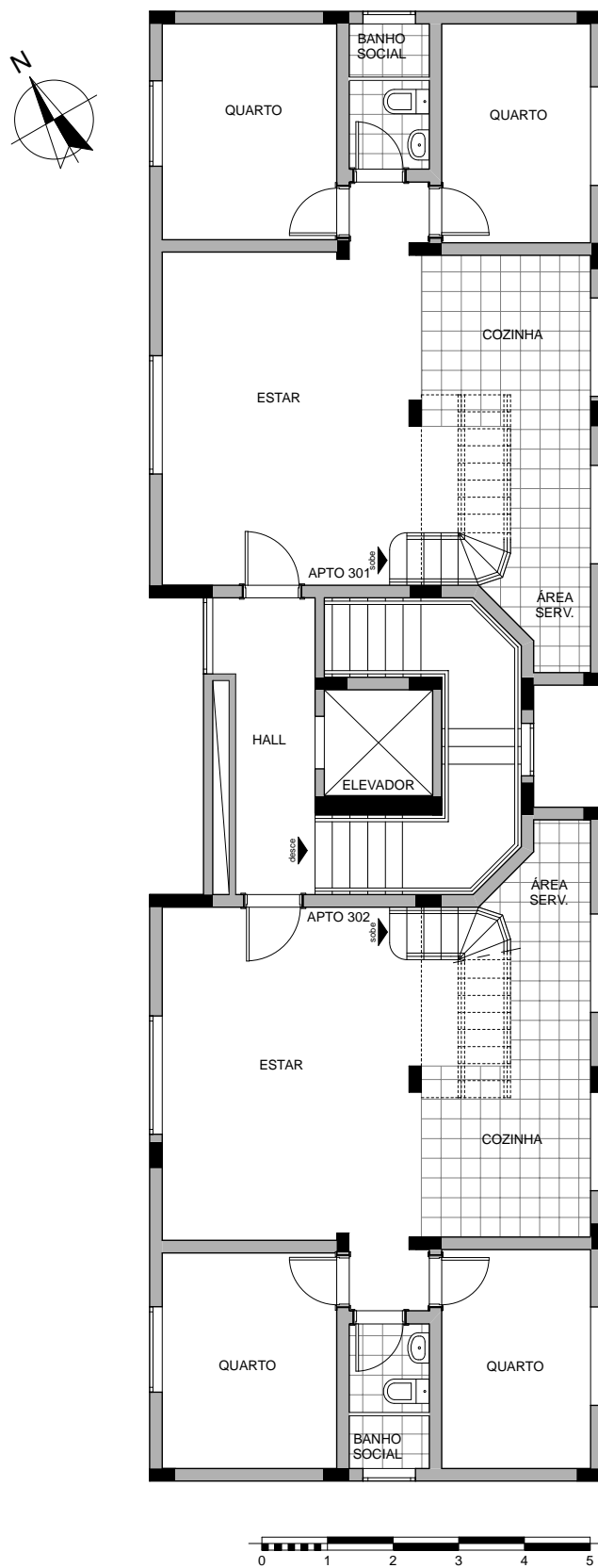


Figura 7 – Planta 3º pavimento - cobertura (Fonte: Autora, 2016)

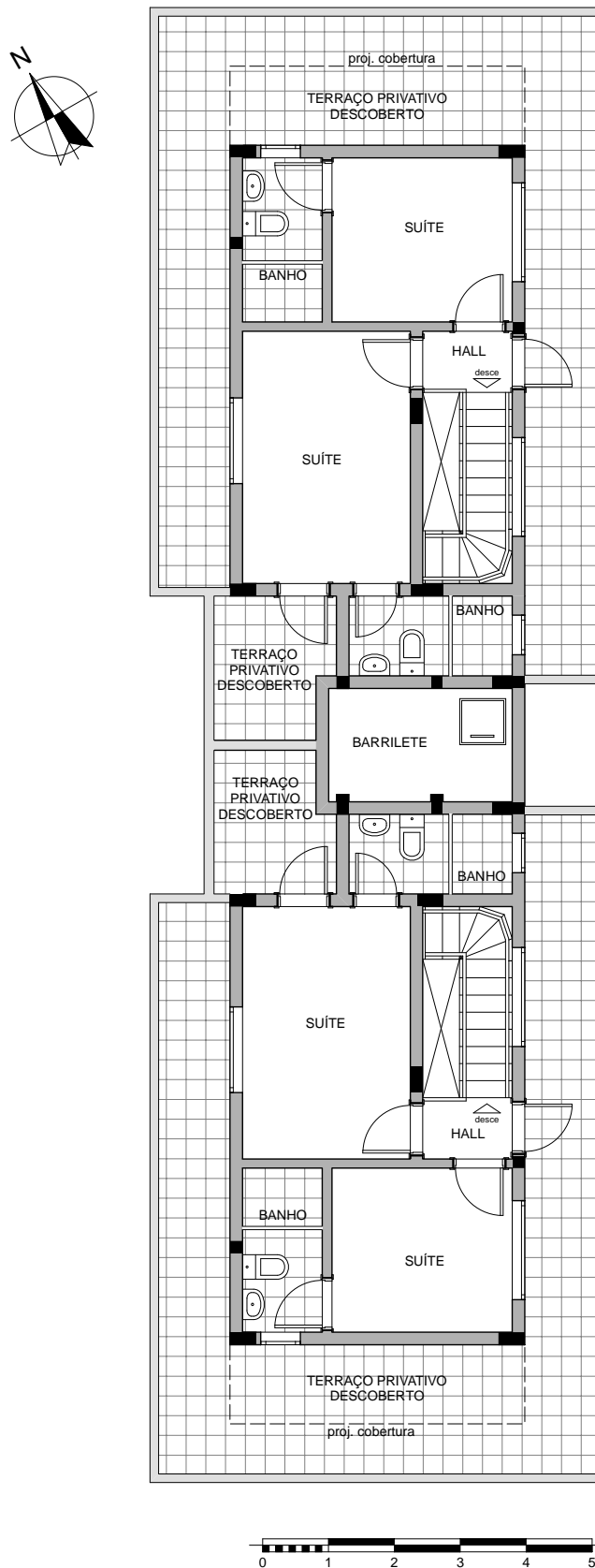


Figura 8 – Planta 4º pavimento – cobertura (Fonte: Autora, 2016)

A estrutura da edificação é feita em concreto convencional e paredes em alvenaria de bloco cerâmico. Todo o edifício conta com medição individualizada de água e luz. Não há previsão de instalação de aquecimento solar ou a gás.

Os apartamentos de cobertura serão entregues com forro de gesso, ficando com um pé direito livre de 2,60m, os demais apartamentos têm pé direito de 2,78 m pois não possuem forro de gesso. Paredes e teto serão emassados e pintados na cor Branco Neve, os pisos terão cerâmica.

A fachada do edifício terá acabamento em textura rolada, na cor Branco Neve.

O edifício adota dois modelos de esquadrias. Para os dormitórios será utilizada esquadria de correr, com 3 folhas, sendo 2 venezianas opacas e 1 vidro incolor, nos demais ambientes é adotada esquadria de correr com 2 folhas de vidro incolor, conforme Figura 09.

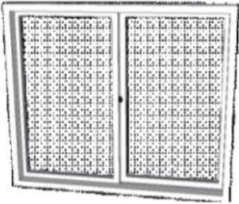

Tipo de janela	Ilustração	% abertura para iluminação natural	% abertura para ventilação natural
de correr (ou deslizante) 2 folhas		80	45
de correr (ou deslizante) 3 folhas sendo 2 venezianas		45	45

Figura 9 – Características aberturas das esquadrias (INMETRO, 2016).

As dimensões adotadas são de 1,80m x 1,20m (Largura x Altura) em todos os ambientes.

O aquecimento de água será feito por chuveiros elétricos com potência estimada de 5500W. Não serão instalados sistemas alternativos de aquecimento de água.

Nas áreas de uso comum o edifício do presente estudo não possui área de uso eventual, apenas de uso frequente. O andar que constitui essa área está localizado no pavimento térreo e possui apenas hall fechado, boxes individuais e área de garagem coberta. Além dessa área no pavimento térreo, os halls de cada um dos andares possuem a circulação vertical e uma pequena circulação horizontal. Todos eles possuem iluminação e ventilação natural.

IV. CAPÍTULO – ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Para avaliação das exigências normativas e tratamento de dados do projeto em estudo, foram utilizadas as planilhas eletrônicas e dados disponibilizados para auxílio do preenchimento das mesmas, pelo Programa Brasileiro de etiquetagem PBE Edifica (Procel Info, 2017).

IV.I. UNIDADES AUTÔNOMAS

IV.I.I. ENVOLTÓRIA

As paredes externas das unidades em análise serão construídas em alvenaria de bloco cerâmico e acabamentos conforme a Figura 9.

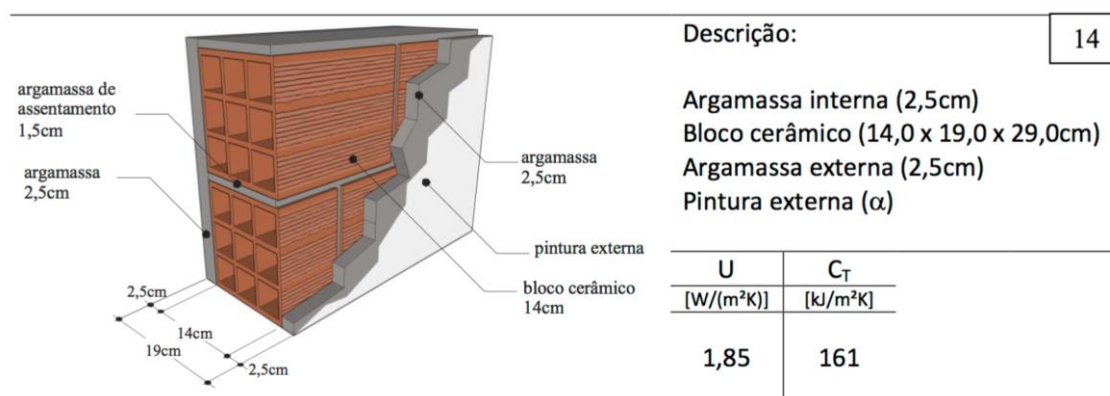


Figura 10 – Características térmicas paredes externas – bloco cerâmico (Fonte: Inmetro, 2013)

Os apartamentos 101, 102, 201 e 202 não possuem cobertura voltada para o meio externo, já nos apartamentos 301 e 302, é necessário se calcular a as características térmicas da mesma, de acordo com a descrição a seguir:

- Cerâmica 1cm
- Laje de concreto maciço 12cm
- Câmara de ar 20cm
- Forro de gesso 1,5cm

Após cálculo, foram encontradas as seguintes características térmicas para essa cobertura:

- Transmitância térmica: 1,857 W/m²K
- Capacidade térmica: 312,09 kJ/m²K
- Absortância da cobertura (cor branco): 0,15 (Inmetro, 2013).

Pode-se observar que as características térmicas dos sistemas construtivos da edificação atendem aos pré-requisitos, sendo assim a envoltória da edificação não está limitada a eventual redução em equivalente numérico.

VENTILAÇÃO E ILUMINAÇÃO NATURAL

As dimensões das esquadrias adotadas na edificação atendem os requisitos de necessários.

IV.I.II. SISTEMAS DE AQUECIMENTO DE ÁGUA

Conforme descrição prévia do sistema, estão sendo atendidos os pré-requisitos do item, levando a classificação máxima possível a E.

Se tratando de aquecedores elétricos de passagem, chuveiros elétricos e torneiras elétricas, é dada a nota de acordo com a potência do aparelho, de acordo com PBE, assim como os aquecedores elétricos de hidromassagem.

IV.I.III. BONIFICAÇÕES

Quanto as bonificações, o projeto em questão atente apenas aos requisitos da Iluminação natural. A bonificação por iluminação natural se divide em 2 itens:

- Profundidade dos ambientes com iluminação natural proveniente de aberturas laterais: os ambientes de permanência prolongada devem, em sua maioria, ter profundidade máxima calculada por equação correspondente. Havendo aberturas em paredes distintas, considera-se a menor profundidade;
- Os ambientes de permanência prolongada devem ter refletância do teto acima de 60%.

As demais bonificações não são alcançáveis pela proposta inicial.

IV.I.III. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após a obtenção de dados, foi utilizada planilha fornecida pelo LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (Procel Info, 2017), como ferramenta de apoio à classificação do nível de eficiência energética das unidades habitacionais. A mesma é disponibilizada de forma livre com intuito didático e acadêmico.

A classificação das unidades pode ser vista nas Tabelas 04 e 05 a seguir:

UH	ENVOLTÓRIA																	RESULTADOS		
	DADOS										ABERTURAS EXTERNAS				ENVOLTÓRIA			ENVOLTÓRIA		
	AMBIENTE	ÁREA	PAREDES EXTERNAS				PAREDES INTERNAS	DIMENSÃO				SOMB.	VERÃO	INVERNO	CONDIC. ARTIF.					
			NORTE	SUL	LESTE	OESTE		SUL	NORTE	LESTE	OESTE					ILUM.				
APTO. 01	SALA	20,16m ²	-	4,16m ²	6,79m ²	5,88m ²	34,97m ²	-	-	2,52m ²	3,36m ²	0,8	0	C	B	N/A				
	SUITE	8,91m ²	-	-	7,88m ²	21,16m ²	-	-	-	2,16m ²	2,16m ²	0,45	1	C	A	D				
	QUARTO 1	7,76m ²	6,30m ²	-	7,62m ²	15,59m ²	-	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	D	A	D				
	QUARTO 2	7,84m ²	-	-	6,70m ²	21,10m ²	-	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	C	A	D				
APTO. 02	SALA	20,16m ²	4,16m ²	-	6,79m ²	5,88m ²	34,97m ²	-	-	2,52m ²	3,36m ²	0,8	0	D	B	N/A				
	SUITE	8,91m ²	-	-	7,88m ²	21,16m ²	-	-	-	2,16m ²	2,16m ²	0,45	1	B	A	C				
	QUARTO 1	7,76m ²	-	6,30m ²	7,62m ²	15,59m ²	-	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	B	B	D				
	QUARTO 2	7,84m ²	-	-	6,70m ²	21,10m ²	-	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	B	A	D				
APTO. 01	SALA	20,16m ²	-	4,16m ²	6,79m ²	5,88m ²	34,97m ²	-	-	2,52m ²	3,36m ²	0,8	0	C	B	N/A				
	SUITE	8,91m ²	-	-	7,88m ²	21,16m ²	-	-	-	2,16m ²	2,16m ²	0,45	1	B	A	C				
	QUARTO 1	7,76m ²	6,30m ²	-	7,62m ²	15,59m ²	-	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	C	A	D				
	QUARTO 2	7,84m ²	-	-	6,70m ²	21,10m ²	-	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	B	A	D				
APTO. 02	SALA	20,16m ²	4,16m ²	-	6,79m ²	5,88m ²	34,97m ²	-	-	2,52m ²	3,36m ²	0,8	0	D	B	N/A				
	SUITE	8,91m ²	-	-	7,88m ²	21,16m ²	-	-	-	2,16m ²	2,16m ²	0,45	1	B	A	C				
	QUARTO 1	7,76m ²	-	6,30m ²	7,62m ²	15,59m ²	-	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	B	B	D				
	QUARTO 2	7,84m ²	-	-	6,70m ²	21,10m ²	-	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	B	A	D				
APTO. 01	SALA	34,39m ²	-	4,31m ²	18,01m ²	14,21m ²	33,08m ²	-	-	4,32m ²	2,16m ²	0,8	0	C	B	N/A				
	SUITE 1	9,75m ²	-	3,98m ²	-	10,65m ²	20,82m ²	-	-	-	2,16m ²	0,45	1	B	B	C				
	SUITE 2	6,78m ²	7,59m ²	-	6,92m ²	-	14,51m ²	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	C	B	D				
	QUARTO 1	8,74m ²	7,66m ²	-	9,46m ²	17,12m ²	-	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	B	B	C				
APTO. 02	QUARTO 2	7,55m ²	6,52m ²	-	9,60m ²	-	16,13m ²	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	B	B	D				
	SALA	34,39m ²	4,31m ²	-	18,01m ²	14,21m ²	33,08m ²	-	-	4,32m ²	2,16m ²	0,8	0	C	B	N/A				
	SUITE 1	9,75m ²	3,98m ²	-	10,65m ²	20,82m ²	-	-	-	2,16m ²	2,16m ²	0,45	1	B	B	C				
	SUITE 2	6,78m ²	-	7,59m ²	6,92m ²	-	14,51m ²	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	B	B	D				
QUARTO 1	QUARTO 1	8,74m ²	-	7,66m ²	-	9,46m ²	17,12m ²	-	-	-	2,16m ²	0,45	1	B	B	C				
	QUARTO 2	7,55m ²	-	6,52m ²	9,60m ²	-	16,13m ²	-	-	2,16m ²	-	0,45	1	B	B	D				

Tabela 4 – Resumo de dados do empreendimento para cálculo da envoltória (Fonte: Autora, 2017)

ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO DA UH													
PROJETO ATUAL													
UH	ENVOLTÓRIA VERÃO		ENVOLTÓRIA INVERNO		ENVOLTÓRIA CONDICIONADA ARIF.		BONIF.	EQUIVAMENTE NUM. ENVOLTÓRIA		AQUECIMENTO ÁGUA		CLASSIF. FINAL UH	
APTO. 01	B	3,68	A	5	D	2,36	0,3	B	4,16	E	1	C	3,35
APTO. 02	B	4	A	4,68	D	2,36	0,3	B	4,25	E	1	C	3,41
APTO. 01	B	3,68	A	5	D	2,36	0,3	B	4,16	E	1	C	3,35
APTO. 02	B	4	A	4,68	D	2,36	0,3	B	4,25	E	1	C	3,41
APTO. 01	B	3,79	B	4	C	2,56	0,3	B	3,87	E	1	C	3,16
APTO. 02	B	4	B	4	C	2,56	0,3	B	4	E	1	C	3,25

Tabela 5 – Resumo das classificações das unidades autônomas do empreendimento (Fonte: Autora, 2017)

Devido à não instalação de sistema de aquecimento de água nas unidades habitacionais, a avaliação final das unidades autônomas não pôde ultrapassar a classificação C. Os apartamentos, tipo apresentam notas muito semelhantes, mas os apartamentos de cobertura, possuem uma classificação de menor nível da envoltória, além de obterem uma baixa classificação no aquecimento de água. Apesar das diferenças, todas as unidades obtiveram nota final C.

IV.II. ÁREAS COMUNS DE USO FREQUENTE

O edifício do presente estudo não possui área de uso eventual, apenas de uso frequente. O andar que constitui essa área está localizado no pavimento térreo e possui apenas hall fechado, boxes individuais e área de garagem coberta. Além dessa área no pavimento térreo, os halls de cada um dos andares possuem a circulação vertical e uma pequena circulação horizontal. Todos eles possuem iluminação e ventilação natural.

Para fins de classificação se prevê que serão usadas nessas áreas aparelhos que tenham apenas classificação A, para que o gasto energético não onere demasiadamente o valor a ser pago de taxa de condomínio. Atendendo para o motor do portão da garagem, as bombas, o elevador e a iluminação artificial. Sendo assim, temos uma classificação A para as áreas de uso comum do edifício em estudo.

V. CAPÍTULO – MODIFICAÇÕES PROPOSTAS

Após análise dos resultados obtidos com o projeto atual, constatou-se que o item que estava prejudicando mais a classificação final das unidades era o fato do empreendimento não possuir aquecimento de água.

Foi feita uma simulação, usando aquecimento de água por meio solar e a gás, onde o aquecimento solar tem demanda maior que 70% da demanda total do edifício.

Para obtenção da classificação, tem-se os seguintes pré-requisitos:

AQUECIMENTO SOLAR

Para obter-se classificação A ou B, todos os coletores solares utilizados devem possuir ENCE A ou B ou Selo Procel e devem ser instalados de maneira adequada, conforme manual do produto.

Os reservatórios devem possuir Selo Procel, isolamento térmico adequado e capacidade de armazenamento mínimo compatível com o dimensionamento.

AQUECIMENTO A GÁS

Para que se alcance o nível A, os aparelhos aquecedores devem possuir ENCE A ou B. Para uso de reservatórios de água quente, os mesmos devem ser isolados termicamente e ter capacidade compatível com o dimensionamento proposto.

Os resultados obtidos foram satisfatórios, não sendo necessário nenhuma outra modificação de projeto, pois todas as unidades, ao receberem água quente, passaram a ter classificação A, conforme pode ser visto na Tabela 06, a seguir.

ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO DA UH													
PROJETO MODIFICADO													
UH	ENVOLTÓRIA VERÃO		ENVOLTÓRIA INVERNO		ENVOLTÓRIA CONDICIONADA ARIF.		BONIF.	EQUIVAMENTE NUM. ENVOLTÓRIA		AQUECIMENTO ÁGUA		CLASSIF. FINAL UH	
APTO. 01	B	3,68	A	5	D	2,36	0,3	B	4,16	A	5	A	4,75
APTO. 02	B	4	A	4,68	D	2,36	0,3	B	4,25	A	5	A	4,81
APTO. 01	B	3,68	A	5	D	2,36	0,3	B	4,16	A	5	A	4,75
APTO. 02	B	4	A	4,68	D	2,36	0,3	B	4,25	A	5	A	4,81
APTO. 01	B	3,79	B	4	C	2,56	0,3	B	3,87	A	5	A	4,56
APTO. 02	B	4	B	4	C	2,56	0,3	B	4	A	5	A	4,65

Tabela 6 – Resumo das classificações das unidades autônomas do empreendimento – pós melhorias (Fonte: Autora, 2017)

V.I. PAYBACK DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

Com o intuito de provar ao incorporador, que além de todos os benefícios, o investimento em sistema de aquecimento de água tem um retorno rápido, foi feita uma análise do gasto de energia comparando o novo sistema proposto ao tradicional chuveiro elétrico.

DEMANDA DIÁRIA DE ÁGUA QUENTE

Foi estimada uma demanda considerando 28 moradores, sendo necessários aproximadamente 70 litros de água quente, por pessoa, para banho. O resultado final foi arredondado para o seguinte valor:

- 2.000 litros por dia ($\Delta t = 25^\circ\text{C}$);
- Fração solar considerada: 70%.

AQUECIMENTO SOLAR COM COMPLEMENTAR A GÁS

Para se estimar um investimento inicial, foram feitos orçamentos em empresas que trabalham com esse tipo de serviço e o valor do investimento considerado foi de R\$28.000,00.

Considerando uma fração solar de 70% (parcela média de energia anual requerida para o aquecimento da água que será suprido pela energia solar), deve-se calcular para o restante do aquecimento, o custo com a energia a gás, que é demonstrado a seguir:

- Preço do GLP: R\$4,0/Kg (fonte: pesquisa de mercado, Jan. 2017)
- Número de aquecedores a gás considerados: 2

- Potência efetiva de cada aquecedor a gás: 18.000 Kcal/h;
- Consumo de cada aquecedor: 2,0 Kg/h;
- Fator de segurança: 15%.

Com as informações listadas acima, fornecidas por pesquisa de mercado, temos:

- Tempo de funcionamento aquecedor: $(2000 \text{ litros} \times 1(\text{cp da água}) \times 25^\circ\text{C}) / (18000 \text{ Kcal/h} \times 2 \text{ aquecedores}) = 1,39 \text{ h/dia};$
- Consumo = 2 aquecedores x 2,0 Kg/h x 1,39 h/dia x 0,30 (100% - 70% fração solar) x 365 dias x 1,15 (segurança) = 699,58 Kg/ano = 58,3 Kg/mês;
- Custo de operação médio mensal = 58,3 Kg/mês x R\$4,0/Kg = R\$233,20 / mês.

AQUECIMENTO ELÉTRICO DE PASSAGEM

Para podermos estabelecer um correto padrão de comparação necessitamos avaliar produtos que ofereçam níveis de conforto similares. Em se tratando de aquecedores elétricos de passagem, os que têm níveis de conforto similares aos aquecedores centrais são os de alto potência (5.500W). Consideramos um total de 14 peças (uma unidade por apartamento) a um custo aproximado de R\$100,00 cada, temos um investimento inicial de R\$1.400,00. A seguir calcula-se o custo da operação:

- Preço médio do KWh: R\$0,80 (fonte: pesquisa de mercado, Jan. 2017);
- Fator de segurança: 15%.

Com as informações listadas acima, fornecidas por pesquisa de mercado, temos:

- Energia diária: $(2000 \text{ litros} \times 1(\text{cp da água}) \times 25^\circ\text{C}) = 50.000 \text{ Kcal/dia} = 58,14 \text{ KWh/dia};$
- Consumo = 58,14 KWh/dia x 365 dias x 1,15 (segurança) = 24.404,27 /ano = 2.033,69 KWh/mês;

- Custo de operação médio mensal = 2.033,69 KWh/mês x R\$0,80/KWh
= R\$1.626,95/mês.

RETORNO DE INVESTIMENTO

De acordo com os valores obtidos nos cálculos anteriores, temos:

Investimento inicial solar-gás: R\$28.000,00;

Investimento inicial elétrico de passagem: R\$1.400,00;

Custo de operação médio mensal solar-gás= R\$233,20 / mês;

Custo de operação médio mensal elétrico de passagem= R\$1.626,95 KWh/mês.

É possível então calcular o tempo de retorno do valor a ser investido, pela equação abaixo:

$(R\$28.000,00 - R\$1.400,00) / (R\$1.626,95 - R\$233,20) = 19,09 \text{ meses} = 19 \text{ meses.}$

Como as unidades não serão entregues com os chuveiros instalados, temos:

$R\$28.000,00 / (R\$1.626,95 - R\$233,20) = 20,09 \text{ meses} = 20 \text{ meses.}$

O investimento proposto é pago pelo incorporador e repassado ao comprador por meio de rateio entre todas as unidades, somado do valor do BDI (Benefícios e Despesas Indiretas), estabelecido pelo investidor. Tal índice varia de 20% a 30% do custo direto do investimento, no caso sendo de R\$28.000,00. Considerando um BDI de 20%, temos:

Preço de venda = custo direto x (1 + BDI/100)

Preço de venda= R\$28.000,00 x (1 + 20 / 100)

Preço de venda= R\$33.600,00

Investimento por unidade: R\$33.600,00 / 6 apartamentos = R\$5.600,00 por unidade.

Economia de energia por unidade: $R\$1.626,95 - R\$233,20 = R\$1.393,75 / 6 = R\$232,29 / \text{mês}$.

Retorno real por proprietário: $R\$5.600,00 / R\$232,29 = 24,11 \text{ meses} = 24 \text{ meses}$.

Considera-se este tempo de retorno do investimento relativamente curto, tendo-se em vista a vida útil de uma edificação e, portanto, que o investimento em um sistema solar é viável economicamente, melhorando a classificação do empreendimento como um todo e, após 24 meses, gerando economia efetiva para os usuários dos apartamentos, com garantia dos níveis de conforto exigidos pela presença de um sistema adequado de back-up.

VI. CAPÍTULO – CONCLUSÕES

O papel do arquiteto no cenário atual vem ganhando novas atividades e os profissionais precisam se atualizar. O mesmo já não deve mais se limitar apenas a pensar o projeto arquitetônico, mas a se comprometer com uma construção de qualidade. Com as novas regulamentações e a necessidade de colocá-las em prática, o envolvimento de todos os profissionais durante a concepção do projeto e execução da obra, assegura um resultado final fiel ao que foi proposto, com qualidade e eficiência.

O mercado ainda precisa se adaptar a essa nova maneira de pensar, pois são inúmeras as dificuldades para conseguir informações precisas para se qualificar energeticamente uma edificação. A decisão sobre os tipos de materiais a serem usados, exige conhecimento de suas características termo-físicas e os fabricantes, em sua maioria ainda não disponibilizam essas informações de maneira suficiente, muitas vezes por não terem feito esses testes em seus produtos.

A classificação de uma edificação pode ser alterada com mudanças simples e com outras um pouco mais complexas, com um nível de investimento maior, mas de rápido retorno e de significativos benefícios a longo prazo.

No presente trabalho, conclui-se para o estudo de caso realizado que o investimento para o incorporador é de curto prazo, pois será pago, inclusive com acréscimo de benefícios e despesas indiretas, pelo comprador. O comprador, por sua vez, terá retornado em até 2 anos o valor pago pela unidade, agora com selo de eficiência energética classificação A, garantindo que após retorno do investimento, terá economia média significativa de R\$232,29 por mês. É importante concluir que é necessário avaliar, em fase de projeto, todas as características climáticas da região de modo a pensar em um empreendimento que já siga os requisitos das normas em vigor desde sua concepção, evitando desperdícios futuros de energia e gerando ambientes que proporcionem melhor bem estar. Se os fatores listados nesse trabalho forem pensados no momento correto, evita-se mudanças futuras e gastos desnecessários.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15220-2 - Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. ABNT. NBR 15220-3 - Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. Eletrobras/ Procel Edifica, Inmetro e CB3E/UFSC. Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações. Rio de Janeiro, setembro de 2013. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7BCF1A3743-CECB-48EF-B2CA-E2B4D4173337%7D&ServiceInstUID=%7B46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1%7D>>. Acesso em: 09 fev. 2017.

BRASIL. Eletrobras/ Procel Edifica, Inmetro e CB3E/UFSC. Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações. Rio de Janeiro, setembro de 2013. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>>. Acesso em: 09 fev. 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-INMETRO. Anexo I do RTQ-R: Dispositivos de Proteção Solar em edificações residenciais. Rio de Janeiro. [20-]. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>>. Acesso em: 09 fev.2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-INMETRO. Anexo da Portaria n.º 50, de 01 de fevereiro de 2013: Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>>. Acesso em: 09 fev. 2017.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-INMETRO. Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012: Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em:< <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/regulamentos>>. Acesso em: 09 fev. 2017.