

**FACULDADE PATOS DE MINAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**KELLI MIRIAN GONÇALVES SILVA  
RAPHAEL AUGUSTO BORGES DE ALMEIDA**

**PROJETOS DE CLIMATIZAÇÃO MECÂNICA E  
NATURAL PARA EDIFICAÇÕES DE USO MISTO**

**PATOS DE MINAS  
2016**

**KELLI MIRIAN GONÇALVES SILVA  
RAPHAEL AUGUSTO BORGES DE ALMEIDA**

**PROJETOS DE CLIMATIZAÇÃO MECÂNICA E  
NATURAL PARA EDIFICAÇÕES DE USO MISTO**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade Patos de Minas  
como requisito para obtenção do grau de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Raquel Resende  
Rocha

**PATOS DE MINAS  
2016**

Candidatos:  
KELLI MIRIAN GONÇALVES SILVA  
RAPHAEL AUGUSTO BORGES DE ALMEIDA

**PROJETOS DE CLIMATIZAÇÃO MECÂNICA E NATURAL PARA EDIFICAÇÕES  
DE USO MISTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade Patos de Minas  
como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil –  
FACULDADE PATOS DE MINAS.

Data: 09 de Novembro de 2016.

---

Prof.<sup>a</sup>. Esp. Raquel Resende Rocha  
Orientador

---

Prof. Esp. Jose Natal do Amaral  
Examinador

---

Prof. Esp. Thiago Silva Pereira  
Examinador

Aprovado ( )

Reprovado ( )

## **AGRADECIMENTOS**

Dedicamos este trabalho primeiramente a Deus, que iluminou a nossa caminhada durante estes difíceis anos, guinando nossas decisões.

Ao professor Raul José da Costa, pela orientação, apoio e confiança nos meses que esteve presente com a gente.

À professora Raquel Resende Rocha, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos e por ter aceitado nos orientar na fase mais difícil de nosso projeto.

Ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade Patos de Minas e às pessoas com quem convivemos nesses espaços, por esses anos, em especial ao aluno Weverson C. S. Rodrigues pela contribuição na elaboração deste trabalho. A experiência de uma produção compartilhada e comunhão com amigos foram os melhores ensinamentos de nossa formação acadêmica.

À banca avaliadora, que será essencial na avaliação do projeto para que ele seja o ponto de partida para futuros grandes projetos.

E à nossa fundação chamada Família que nos manteve firmes nessas últimas etapas, nos mantendo acordados e alertas para que o nosso projeto fosse realizado no tempo. Em especial aos nossos pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

Aos nossos companheiros de vida que nos incentivam e caminham juntos, o nosso obrigado pela paciência e apoio.

A todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte da nossa formação, o nosso muito obrigado!

SILVA, Kelli Mirian Gonçalves; ALMEIDA, Raphael Augusto Borges de. **PROJETOS DE CLIMATIZAÇÃO MECÂNICA E NATURAL PARA EDIFICAÇÕES DE USO MISTO**. 2016. 71 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, DEC, Faculdade Patos de Minas, Patos de Minas, 2016.

ESTÁ AUTORIZADA INTEGRAL OU PARCIALMENTE A REPRODUÇÃO DESTES TRABALHOS, PARA FINS DE ESTUDO E/OU PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

## RESUMO

Esta monografia é o resultado de estudos sobre o conforto térmico. Uma edificação quando bem planejada pode proporcionar, além do clima agradável, economia de energia. Expõe-se também materiais e métodos para garantir a eficiência do planejamento, demonstrando a importância de um projeto climático para a geração de economia e conforto. O estudo apresenta um projeto criado no município de Patos de Minas – MG, região com pouca incidência de chuva, propensa a calor extremo e pouca umidade – devido a fatores como o desmatamento de grandes porções de terra para o agronegócio (principal fonte de economia) e o crescimento do perímetro urbano. Para que os moradores consigam manter um conforto térmico e até mesmo imunológico deve-se planejar o aproveitamento dos recursos que existem e se necessário introduzir, de forma mecânica, instrumentos de climatização. Porém, para evitar desperdícios de energia o projeto deve extrair o máximo dos recursos naturais, usando o meio mecânico somente quando há necessidade de atender certa demanda com o objetivo de manter constante a temperatura do ambiente.

**Palavras-chave:** Conforto Ambiental. Ventilação Natural. Climatização de Ambientes. Construções Sustentáveis. Ambientes Planejados.

## **ABSTRACT**

This monograph is the result of studies on thermal comfort. A building when well planned can provide, in addition to the pleasant climate, energy saving. It also exposes materials and methods to ensure the planning efficiency, demonstrating the importance of a climate project for the generation of savings and comfort. The study presents a project created in the city of Patos de Minas - MG, a region with low incidence of rain, prone to extreme heat and low humidity - due to factors such as the deforestation of large tracts of land for agribusiness (main source of savings) and growing urban area. So that residents can maintain heat and even immune comfort should plan the use of resources that exist and if necessary introduce, mechanically, air conditioning instruments. But to avoid energy waste the project should make the most of natural resources, using mechanical means only when there is need to meet certain demand in order to maintain a constant room temperature.

**Keywords:** Environmental Comfort. Natural Ventilation. Climatization of Environments. Sustainable Buildings. Environments.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa de zoneamento bioclimático do Brasil .....	19
Figura 2 – Chiller de água gelada .....	23
Figura 3 – Fan-coil em vista frontal .....	23
Figura 4 – Fan-coil em vista posterior .....	24
Figura 5 – Sistema VAV com dutos.....	24
Figura 6 – Sistema VRV .....	25
Figura 7 – Máquina tipo self .....	25
Figura 8 – Ar condicionado tipo Split.....	26
Figura 9 – Ar condicionado de janela .....	27
Figura 10 – Bala de gás R-22.....	27
Figura 11 – Bala de gás R-410.....	29
Figura 12 – Evaporadora tipo split modelo inverter .....	30
Figura 13 – Fórmula de Fanger.....	32
Figura 14 – Porcentagem de pessoas insatisfeitas devido à corrente de ar .....	33
Figura 15 – Termoanemômetro.....	34
Figura 16 – Desempenho de uma parede térmica .....	35
Figura 17 – Telha metálica tipo sanduíche.....	36
Figura 18 – Telha cerâmica com isolamento térmico .....	37
Figura 19 – Telhado verde .....	38
Figura 20 – Propriedades termo físicas da cobertura metálica com isolamento .....	38
Figura 21 – Propriedades termo físicas da cobertura cerâmica com isolamento .....	39
Figura 22 – Propriedades termo físicas da cobertura vegetal .....	39
Figura 23 – Vista de frente para o lote .....	40
Figura 24 – Vista em situação do lote .....	40
Figura 25 – Gráfico de temperatura .....	42

Figura 26 – Gráfico de umidade relativa do ar .....	43
Figura 27 – Gráfico de pressão atmosférica.....	43
Figura 28 – Gráfico de radiação solar .....	44
Figura 29 – Gráfico de precipitação .....	44
Figura 30 – Gráfico de velocidade do vento.....	45
Figura 31 – Gráfico de direção do vento .....	45
Figura 32 – Tabela de códigos para a direção do vento .....	46
Figura 33 – Janela basculante lateral.....	47
Figura 34 – Janela modelo maxim ar .....	48
Figura 35 – Porta de vidro temperado.....	48
Figura 36 – Lã de rocha .....	49
Figura 37 – Lã de vidro com manta de alumínio .....	49
Figura 38 – Lã de vidro .....	50
Figura 39 – Painel metálico isotérmico para cobertura .....	50
Figura 40 – Painel metálico isotérmico com dimensões.....	51
Figura 41 – Poluição visual gerada por condensadoras.....	53
Figura 42 – Tabela de dados predominantes na Região Sudeste.....	54
Figura 43 – Evaporadora tipo Cassete.....	54
Figura 44 – Evaporadora tipo Hi-wall .....	55

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>1.1</b>	<b>Problemática</b> .....	12
<b>1.2</b>	<b>Objetivo geral</b> .....	12
<b>1.3</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	12
<b>1.4</b>	<b>Justificativa</b> .....	12
<b>1.5</b>	<b>Metodologia</b> .....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	15
<b>2.1</b>	<b>Breve histórico sobre o assunto</b> .....	15
2.1.1	<i>Radiação</i> .....	17
2.1.2	<i>Convecção</i> .....	17
2.1.3	<i>Condução</i> .....	17
2.1.4	<i>Evaporação</i> .....	18
<b>2.2</b>	<b>A procura pelos meios naturais de climatização</b> .....	18
<b>2.3</b>	<b>Necessidade de climatização mecânica</b> .....	20
<b>3</b>	<b>CLIMATIZAÇÃO E SUAS TECNOLOGIAS</b> .....	21
<b>3.1</b>	<b>Tipos de climatização mecânica</b> .....	22
3.1.1	<i>Sistema de ar condicionado central</i> .....	22
3.1.1.1	<u>Água gelada e fan-coil</u> .....	22
3.1.1.2	<u>Sistema VAV</u> .....	24
3.1.1.3	<u>Sistema VRV</u> .....	25
3.1.1.4	<u>Sistema self</u> .....	25
3.1.2	<i>Sistema de climatização tipo split</i> .....	26
3.1.3	<i>Sistema de janeliros</i> .....	26
<b>3.2</b>	<b>Gás R-22, o inimigo do meio ambiente</b> .....	27
<b>3.3</b>	<b>Tecnologia ecológica</b> .....	28
3.3.1	<i>R-410, o gás ecológico que protege o meio ambiente</i> .....	28
3.3.2	<i>Ar condicionado ecológico</i> .....	29

<b>4</b>	<b>CONFORTO AMBIENTAL</b> .....	31
<b>4.1</b>	<b>Ventilação natural</b> .....	31
<b>4.2</b>	<b>Meios de se obter melhor conforto térmico</b> .....	34
4.2.1	<i>Paredes</i> .....	35
4.2.2	<i>Coberturas</i> .....	36
<u>4.2.2.1</u>	<u>Telhas sanduíche</u> .....	36
<u>4.2.2.2</u>	<u>Telhado cerâmico com isolamento</u> .....	37
<u>4.2.2.3</u>	<u>Telhado verde</u> .....	37
<u>4.2.2.4</u>	<u>Desempenho térmico das coberturas</u> .....	38
<b>5</b>	<b>PROJETO RESIDENCIAL E COMERCIAL NA REGIÃO DE PATOS DE MINAS</b> .....	40
<b>5.1</b>	<b>Área de estudo</b> .....	40
<b>5.2</b>	<b>Análise de dados básicos</b> .....	41
5.2.1	<i>Parâmetros urbanísticos</i> .....	41
5.2.2	<i>Dados climáticos</i> .....	42
<u>5.2.2.1</u>	<u>Temperatura</u> .....	42
<u>5.2.2.2</u>	<u>Umidade relativa do ar</u> .....	42
<u>5.2.2.3</u>	<u>Pressão Atmosférica</u> .....	43
<u>5.2.2.4</u>	<u>Radiação Solar</u> .....	44
<u>5.2.2.5</u>	<u>Precipitação</u> .....	44
<u>5.2.2.6</u>	<u>Velocidade do vento</u> .....	45
<u>5.2.2.7</u>	<u>Direção do vento</u> .....	45
<b>5.3</b>	<b>Projeto arquitetônico</b> .....	46
5.3.1	<i>Esquadrias</i> .....	47
5.3.2	<i>Alvenaria</i> .....	49
5.3.3	<i>Cobertura</i> .....	50
<b>5.4</b>	<b>Análise dos dados climáticos e projeto arquitetônico</b> .....	51
<b>5.5</b>	<b>Sistema mecânico de climatização</b> .....	52
5.5.1	<i>Dados do projeto arquitetônico</i> .....	53

5.5.2	<i>Dados do projeto de climatização</i> .....	53
5.5.3	<i>Climatização das instalações</i> .....	54
5.5.3.1	<u>Climatização da loja</u> .....	54
5.5.3.2	<u>Climatização dos quartos</u> .....	55
5.5.4	<i>Reaproveitamento da água coletada</i> .....	55
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>58</b>
	<b>OBRAS CONSULTADAS</b> .....	<b>63</b>
	<b>ANEXOS</b> .....	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Inicialmente, o trabalho apresenta os parâmetros para gerar o conforto térmico e humano. Os ambientes condicionados mecanicamente e ventilados naturalmente são os meios utilizados para que esse conforto exista em uma edificação.

As alterações climáticas e ambientais que vêm ocorrendo nas últimas décadas nos leva a pensar em projetos sustentáveis, os quais devem empregar métodos e tecnologias que produzam menos efeitos negativos para cenários futuros.

Entre as principais atividades humanas que causam o aquecimento global e conseqüentemente as mudanças climáticas, a queima de combustíveis fósseis (derivados do petróleo, carvão mineral e gás natural) para geração de energia, atividades industriais e transportes; conversão do uso do solo; agropecuária; descarte de resíduos sólidos (lixo) e desmatamento. Todas estas atividades emitem grande quantidade de CO<sup>2</sup> e de gases formadores do efeito estufa.  
(1)

O presente estudo mostra a eficiência de um projeto climático em uma edificação, deixando o ambiente agradável em qualquer época do ano, independente das mudanças repentinas nas condições climáticas.

O clima por não ter um caráter definido e específico, sofre variações num curto espaço de tempo, o que dificulta criar um padrão de planejamento. Surge então, o planejamento de forma individual, respeitando o local que se é implantado o projeto. Projetar de forma correta ajuda na economia de energia, no planejamento da climatização natural e no melhor aproveitamento dos meios de condicionamento mecânico, visando sua eficiência máxima e seu baixo impacto ao meio ambiente.

Engenheiros e arquitetos têm como dever conservar e melhorar o ambiente visando o bem estar do cliente e da população. Os estudos e planejamentos exclusivos e individuais, além de aproveitar todos os recursos de conforto e economia de uma edificação, tornam-se referenciais para outros profissionais da área da construção civil.

## **1.1 Problemática**

Abordar quais as vantagens de se projetar aproveitando o clima natural da região e quando este não for favorável, quais os melhores recursos mecânicos para o bem estar humano.

## **1.2 Objetivo geral**

Projetar uma edificação na cidade de Patos de Minas – MG, e a partir de estudos bioclimáticos do local da construção implantar projetos de climatização natural e mecânica suficientes para uma boa climatização, servindo como diretriz para a elaboração de novas edificações na cidade em questão.

## **1.3 Objetivos específicos**

- Elaboração de um projeto, de uso misto (residencial e comercial) na cidade de Patos de Minas – MG, levando em consideração a análise das teorias de conforto ambiental para seu desenvolvimento.
- Apresentar parâmetros que sirvam para a elaboração de projetos de climatização natural através de estudos bioclimáticos da região de Patos de Minas – MG.
- Elaborar o projeto com informações técnicas de implantação e execução de climatização mecânica utilizando o sistema de ar-condicionado como referência.
- Indicar, a partir da edificação projetada, diretrizes gerais mais adequadas para futuros projetos na região de Patos de Minas – MG.

## **1.4 Justificativa**

Nota-se que há alguns anos a população vem buscando por moradias que lhes proporcionem conforto, com ambiente agradável e aconchegante. “As casas de tijolo de Yazd, algumas com mais de 600 anos de idade, apresentam coletores de ventos em suas coberturas, os quais nos mostram claramente o grande domínio do projeto de condicionamento térmico natural.” (2). Não somente pelo conforto físico, mas também pelo fator fisiológico, evitando doenças como as do trato respiratório

geradas pela falta de renovação do ar e choque térmico gerado pelas ondas de calor.

Diante da visão de conforto térmico, que é trazer bem-estar ao morador da residência, buscou-se desenvolver estudos relacionados à implantação desse tipo de planejamento ao projeto arquitetônico, “fazendo uso da tecnologia que se baseia na aplicação correta dos elementos arquitetônicos, com o intuito de fornecer ao ambiente construído, um alto grau de conforto hidrotérmico, com baixo consumo energético.” (3)

Justifica-se a importância do presente estudo como um manual, onde se descreve as melhores maneiras de se desenvolver um projeto de climatização. Saliendo-se a importância dos levantamentos de dados do terreno, mostrando que é possível implantar esse tipo de projeto em qualquer região desde que se respeite o local escolhido para construir, evitando o processo de troca térmica com o ambiente.

Durante esse processo, o calor de cada molécula (a vibração de seus átomos) vai sendo transmitido para as moléculas vizinhas. O fluxo térmico é diretamente proporcional à diferença de temperatura entre os pontos considerados e inversamente proporcionais à resistência térmica do corpo. (4)

A ideia de desenvolver um estudo na região de Patos de Minas – MG tem como origem o desafio imposto pelo crescimento urbano, o que dificulta a ventilação natural nas edificações. Do ponto de vista teórico, espera-se que o estudo contribua no sentido de ampliar os conhecimentos para a área de engenharia e arquitetura, buscando alcançar eficiência e qualidade na gestão de projetos.

## **1.5 Metodologia**

O presente estudo parte do princípio de que é possível aliar conforto térmico e economia de energia em edificações planejadas. Com base nesse pressuposto, a partir de referências teóricas publicadas em artigos, livros, dissertações, teses, legislação e normas técnicas pretende-se obter parâmetros e conhecer técnicas e sistemas para adequação entre os projetos arquitetônico e de climatização natural e artificial.

A análise dos dados climáticos, disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, possibilitará o estudo da relação entre as suas causas e efeitos sobre o conforto térmico.

Após os respectivos estudos será elaborado, em ambiente CAD – *Computer Aided Design* ou Projeto Assistido por Computador, o projeto arquitetônico compatibilizado com o projeto de climatização natural e artificial com a finalidade de projetar ambientes que aproveitem ao máximo a ventilação natural, proporcionando conforto térmico e redução de custos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Alguns livros apontam a extrema importância para definir mudanças e adaptações nas edificações e cidades devido às mudanças climáticas, colocando em evidência o conforto térmico nas edificações.

E como definição para conforto térmico temos: “Satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente.” (5)

Entende-se que o meio ambiente fornece os fatores que afetam diretamente o comportamento das temperaturas dentro das edificações, sendo necessário planejar para utilizar as temperaturas favoravelmente.

Quando há diferença entre o calor produzido pelo corpo e o calor dispensado para o ambiente ocorre desequilíbrio térmico o que causa desconforto.

Sabendo que a quantidade de calor que o ambiente fornece ao corpo é essencial para a manutenção e a qualidade do funcionamento da imunidade nos seres vivos, os projetos e estudos relacionados à temperatura dentro das edificações tornam-se cada vez mais importante devido às variações existentes no mundo atual, onde não há mais definição correta para as estações do ano. (6)

### 2.1 Breve histórico sobre o assunto

Há milhares de anos a humanidade vem numa constante ‘guerra’ para se adaptar às regiões e às mudanças climáticas onde se abrigam (7).

A preocupação do homem com relação a seu bem estar e conforto é diretamente proporcional à evolução da humanidade, ou seja, quanto mais evoluídas se tornam as pessoas, mais exigentes ficam com relação a seu conforto e bem estar. (7)

Quando o homem começou o cultivo de suas terras e descobriu que não havia a necessidade de sua mudança da região, eles tiveram que começar a se adaptar ao local escolhido para se fixar. “O que não mudou com estas migrações foi o metabolismo humano pré-existente.” (2)

A necessidade de se alojarem e adaptarem à uma região, fez com que o homem desenvolvesse meios de se manter confortável em suas moradias. Assim as moradias, além de abrigo contra animais, também serviam de abrigo ao sol extremo, vento, chuva e frio.

A forma variável das tendas, seus materiais, o desempenho de suas construções e a forma como são usadas são indicadores de quando as pessoas precisam aumentar ou reduzir a diferença entre o clima externo e o interno conforme a estação e o local. (2)

Esses cuidados eram essenciais para sua sobrevivência, criando bem-estar físico e imunológico do organismo nas diversas mudanças climáticas devido à mudança das estações. A proteção térmica e física que esse abrigo proporcionava ao homem, ele a assimilava à segurança e conforto.

O corpo para manter esse conforto físico de temperaturas deve conservar a neutralidade térmica – “Estado físico no qual a densidade do fluxo de calor entre o corpo humano e o ambiente é igual à taxa metabólica do corpo. Sendo mantida constante a temperatura do corpo.” (5)

Porém, a neutralidade térmica é necessária para o corpo, mas não é suficiente, para que o mesmo esteja em conforto térmico. “Um indivíduo que estiver exposto a um campo assimétrico de radiação pode muito bem estar em neutralidade térmica, porém não estará em conforto térmico.” (8)

O mecanismo de termo regulação natural – a pele, é a que mais sofre com as mudanças climáticas do ambiente. “Em função do que já foi visto, pode-se afirmar que é através da pele que se realizam as trocas de calor, ou seja, a pele é o principal órgão termorregulador do organismo humano.” (6)

Podemos considerar o corpo humano como uma máquina térmica que dispõe de um mecanismo termorregulador que controla as variações térmicas do organismo. Sendo o organismo humano homotérmico, isto é, sua temperatura deve permanecer praticamente constante, o mecanismo termorregulador cria condições para que isso ocorra.” (8)

A temperatura interna do organismo humano deve ser mantida a 37°C constantemente (variando entre 36,1°C e 37,2°C) tendo por limites os valores de 32°C e 42°C.

A temperatura do ar é responsável na condução de energia para a mudança de temperatura dentro da residência.

A diferença de temperatura entre dois pontos no ambiente provoca a movimentação do ar, chamada de convecção natural: a parte mais

quente torna-se mais leve e sobe enquanto a mais fria, desce, proporcionando uma sensação de resfriamento do ambiente. (6)

Uma residência com temperatura agradável pode proporcionar aos moradores melhor qualidade de vida, e os meios convencionais de ganho ou perda de temperatura nas edificações são a radiação solar, convecção e evaporação.

### *2.1.1 Radiação*

A radiação solar é proveniente da energia emitida pelo sol. A emissão se dá através da radiação eletromagnética, a qual pode ser refletida, transmitida, refratada ou absorvida (gerando ondas de calor) quando atingem a superfície dos materiais. Seu valor absoluto é variável nas diferentes estações do ano, sendo que no verão essa radiação tende a ser mais forte, devido à proximidade entre o sol e a área do planeta terra (4).

### *2.1.2 Convecção*

Consiste no movimento das camadas de ar e depende da temperatura das superfícies internas da edificação e da velocidade do ar. Dentro de uma residência e que quanto mais próximo ao piso, mais baixa é a temperatura do ambiente, pois o vento tira o ar quente e o substitui por ar frio, nesse caso o ar quente com densidade menor sobe e o ar frio desce. “Na maioria dos ambientes das edificações, a temperatura do ar normalmente aumenta com a altura em relação ao piso.” (4)

### *2.1.3 Condução*

É a situação em que o calor se propaga através de um condutor e depende da temperatura das superfícies entre as quais ocorre o contato físico. Neste caso é importante destacar que os materiais refratários suportam altas temperaturas sem haver deformação física e químicas em suas propriedades, enquanto os materiais isolantes dificultam a dissipação de calor – caracterizado por sua alta resistência térmica (como: lã de vidro, de pet, de rocha, como também silicato de cálcio, fibra cerâmica, cortiça, poliestireno expandido, vidro expandido) (4).

#### 2.1.4 Evaporação

Ocorre quando a energia cinética de algumas moléculas é superior à tensão superficial do líquido, que em contato com uma camada de ar de temperatura maior favorece a mudança de estado, transformando em vapor. Isso acontece frequentemente, variando bruscamente durante todo o dia (4).

## 2.2 A procura pelos meios naturais de climatização

O ser Humano consegue se adaptar ao meio em que vive, no entanto, até determinado limite de temperatura as tipologias de edificação conseguem oferecer proteção térmica se adequando aos climas extremos, aos quais a sobrevivência não é garantida. “(...) o limite da temperatura do ar do ambiente para que se tenha a ventilação de conforto que ele dá é entre 28°C e 32°C, com velocidade do vento interno entre 1,5 m/s e 2,0 m/s, conforme as necessidades de conforto.” (2)

No fim do século XXI, iniciaram-se as bruscas alterações climáticas, como altas temperaturas nos centros urbanos e desequilíbrio térmico, que fazem com que cada vez mais seja necessário o investimento em projetos de climatização natural para manter a temperatura do ambiente agradável e constante (3).

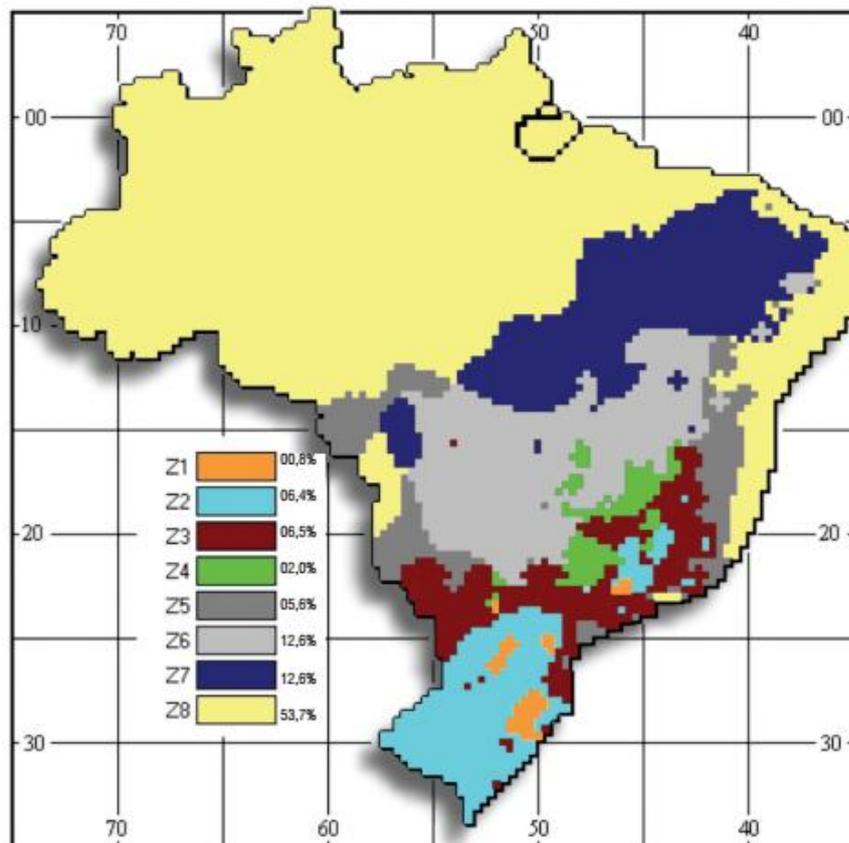
Os conceitos de projetos ecológicos e eficientes surgiram com “a crise petrolífera nos anos 70 que desencadeou o desenvolvimento de diversas iniciativas focadas na avaliação e maximização da eficiência energética de edifícios e chamou a atenção para novas pesquisas e realizações no campo da energia.” (3)

Atualmente a crise ambiental vem tomando destaque no mundo, a degradação ambiental vem gerando repentinas mudanças climáticas. “Seus principais efeitos são: aumento na nebulosidade, no índice pluviométrico, na condensação de núcleos de partículas contaminantes e na temperatura.” (9)

Quase a metade de toda energia elétrica consumida no Brasil é utilizada principalmente em resfriamento, aquecimento e iluminação das edificações. “No ano de 2006, de acordo com o Balanço Energético Nacional, de toda energia elétrica consumida no Brasil, 45,2 % foram devidos os setores residencial, comercial e público.” (10). Para reduzir esse índice arquitetos e engenheiros devem conhecer sobre planejamento e aproveitamento de recursos naturais. Controlar o crescimento dos centros urbanos associado ao consumo energético é um grande desafio.

A grande extensão do território brasileiro exige a análise de características diferentes para cada projeto, pois em cada região predominam temperatura e clima diferentes. “Relacionar o clima local com a prática projetual deveria ser uma premissa para qualquer projetista.” (11). O Brasil conta com oito diferentes zonas climáticas, conforme indica a Figura 1.

Figura 1 – Mapa de zoneamento bioclimático do Brasil



Fonte: (5)

Adequar qualidade de vida e ambiente construído, além de prevenir para futuras mudanças climáticas exige bastante estudo. Para isso os projetos ajudam na tomada de decisão do engenheiro ou arquiteto, sobre qual método é o mais barato e eficiente, visando o conforto na edificação que será implantada. Num projeto devem ser considerados os seguintes elementos: radiação solar, temperatura do ar, densidade do ar, pressão, umidade, ventos e chuvas.

Projetos de reaproveitamento da forma natural são bastante procurados pela economia energética, além de serem os mais adotados em regiões abertas, onde

não há barreiras que impeçam a circulação de ar e com área verde nas proximidades.

### **2.3 Necessidade de climatização mecânica**

Nas grandes metrópoles ocorre o aquecimento do ar pela radiação solar e por não haver espaço para circulação e renovação do ar os ambientes se resfriam somente durante a noite quando a temperatura cai. Nesse caso a massa de calor não se dissipa.

O aquecimento aliado à poluição atmosférica, topografia e superfície dos materiais, que impedem a circulação dos ventos, faz necessário a instalação de exaustores e ventiladores. Essa falta de ventilação gera o processo de inversão térmica. “A camada de ar fria, por ser mais pesada, acaba descendo e ficando numa região próxima à superfície terrestre, retendo os poluentes. O ar quente, por ser mais leve, fica numa camada superior, impedindo a dispersão dos poluentes.” (12)

Devido à radiação solar, nos centros urbanos, as altas temperaturas vão estar presentes por mais tempo, estendendo-se pela noite. Essas temperaturas começarão a baixar apenas na madrugada, ficando estacionados durante parte da manhã.

O processo de inversão térmica ocorre todos os dias do ano tornando-se mais frequente nos períodos mais secos. Em algumas regiões do Brasil no inverno as chuvas são escassas, dificultando ainda mais a dispersão de poluentes, ficando mais espesso o ar. Esses problemas não podem ser solucionados de forma natural, sendo assim, há a necessidade de um planejamento em que o projeto não seja apenas de grande importância para o conforto térmico, mas também para a saúde dos indivíduos que residem nas edificações.

“Pensar em projeto bioclimático do edifício implica previamente, uma conceituação da própria Arquitetura e do processo de concepção arquitetônica, tendo por objeto um híbrido de tecnologia e arte.” (3)

### 3 CLIMATIZAÇÃO E SUAS TECNOLOGIAS

“Hoje em dia é difícil imaginarmos um prédio comercial sem climatização. Em dias de calor extremo, entrar nestes estabelecimentos de trabalho como hospitais ou mercados é uma das melhores coisas.” (1)

A construção e até mesmo a instalação de um sistema de ar condicionado merecem cuidados, além de não ser uma tarefa simples. O projeto de climatização deve ser elaborado levando em consideração as características da edificação. Grandes prédios exigem projetos e soluções integradas de climatização, enquanto que casas de pequeno porte e pequenas salas de escritórios têm facilidade de refrigeração, por não exigirem grandes máquinas e a instalação ser mais fácil e de menor custo.

Em edificações pré-existentes a elaboração do sistema de ar condicionado torna-se mais complexa, os aparelhos passam a depender das características dos projetos executados. A instalação elétrica, na maioria dos casos, precisa sofrer adequações – os aparelhos necessitam de uma chave de proteção (disjuntor), as paredes têm que ser quebradas para que se passe a tubulação e coloque o aparelho, gerando gastos adicionais com pedreiro e eletricista.

O ideal é o que o projeto de climatização seja elaborado juntamente com o arquitetônico, ainda em planta, e que esteja compatível com os demais projetos – estrutural, elétrico e hidráulico, por exemplo. Ao compatibilizar os projetos é possível reduzir as interferências que o projeto de climatização faz sobre a edificação e as demais instalações, escolher o melhor equipamento para o local (custo e benefício), elaborar o sistema elétrico e de renovação e filtragem do ar adequados, reduzir custos e evitar desperdícios na obra.

A climatização do ar tem por objetivo controlar a temperatura, renovar o ar e oferecer ao ambiente ar com qualidade. O sistema adotado pode ser constituído por um ou mais condicionadores autônomos, servindo a um recinto isolado ou a um grupo de ambientes.

Ainda que todos sistemas tenham o mesmo objetivo, climatizar o ambiente, existem algumas diferenças na sua estrutura, principalmente, quanto à distribuição de ar.

### 3.1 Tipos de climatização mecânica

#### 3.1.1 Sistema de ar condicionado central

O sistema de ar condicionado central tem por finalidade climatizar grandes áreas de uma vez, é bastante utilizado em grandes projetos, como ginásios poliesportivos e teatros, baseia-se em um equipamento de grande capacidade de produzir ar frio, geralmente localizada em uma casa de máquinas na área externa ao projeto.

Esse sistema é indicado para grandes projetos por causa do seu alto custo sendo que em longo prazo são mais eficientes no uso de energia. É muito fácil identificar estes aparelhos, pois utilizam um conjunto de máquinas de grande porte.” (1)

##### 3.1.1.1 Água gelada e fan-coil

Os chamados *chillers* de água gelada e *fan-coil* é a tecnologia mais utilizada pelos sistemas de ar condicionado central. Geralmente são usados em grandes projetos, exigem os dimensionamentos das áreas a serem climatizadas, possuem alto custo de aquisição e instalação, porém, a longo prazo são mais eficientes no consumo de energia. As máquinas, em geral, são instaladas em um mesmo local. O sistema em si envolve basicamente duas máquinas, os *chillers* e os *fan-coils*.

O *chiller*, Figura 2, é o resfriador de água e funciona como um compressor, no qual circula um gás refrigerante. O gás é comprimido ganhando energia e calor para circular no sistema, durante a circulação é resfriado por água ou ventiladores. O gás em temperatura baixa passa por serpentinas e por uma válvula de expansão atingindo assim temperaturas muito baixas. As serpentinas ficam dentro de tubulações repletas de água em temperatura ambiente, e quando geladas fazem com que a água também perca temperatura. Essa água gelada circula por tubulações dentro do projeto a ser climatizado chegando nos *fan-coils*.

Figura 2 – Chiller de água gelada



Fonte: (13)

Os fan-coils são dissipadores de temperatura (tubos em forma de serpentina). A água que passa pelo fan-coil produz uma onda de frio, a qual é captada por ventiladores que impulsionam o ar através de dutos e estes por sua vez encaminham até o ambiente a ser climatizado. “Ele é o mais adequado para projetos que preveem o insuflamento de ar pelo piso ou o chamado ‘teto frio’, geralmente é utilizado em Shoppings Centers.” (1)

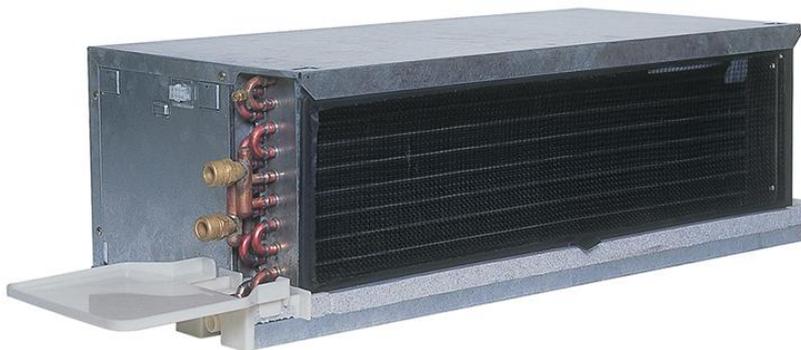
“O insuflamento interno varia conforme a escolha do projetista ou aplicação que mais se adapte ao ambiente, podendo ser em unidades cassete, hi-wall, built-in.” (1). A Figura 3 mostra um exemplo de fan-coil e seus ventiladores de captação de ar frio e a Figura 4 mostra as serpentinas por onde passam a água gelada.

Figura 3 – Fan-coil em vista frontal



Fonte: (14)

Figura 4 – Fan-coil em vista posterior



Fonte: (15)

### 3.1.1.2 Sistema VAV

“O VAV é um mecanismo composto por válvulas de vazão que possuem um termostato individual que quando ligadas eletronicamente a um computador central para controle do fluxo de ar.” (1). O objetivo destas válvulas é direcionar ar gelado para os pontos onde mais se precisa. Se o ambiente atinge uma temperatura denominada alta, aciona-se um controlador e o ar é insuflado para o local. O mesmo acontece se a temperatura abaixar demais, fecha-se esse mecanismo e ar não mais será direcionado. A Figura 5 traz um exemplo de um sistema central de volume de ar variável – VAV e suas linhas de dutos de ar.

Figura 5 – Sistema VAV com dutos

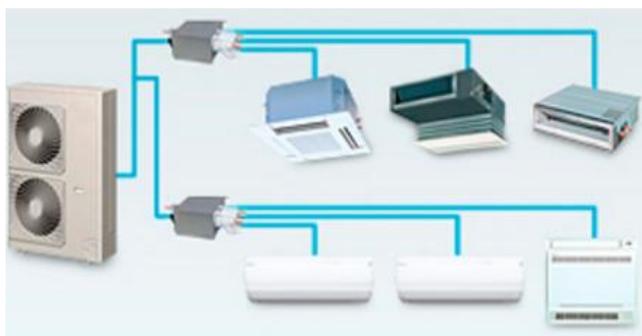


Fonte: (16)

### 3.1.1.3 Sistema VRV

O sistema volume de refrigerante variável – VRV, Figura 6, se parece com o sistema *multi split*, pode abranger até 64 máquinas e “baseia-se no funcionamento do sistema de termoacumulação, só que neste o sistema abre válvulas para passagem de gás refrigerante para ambientes que se encontram mais quentes.” (1)

Figura 6 – Sistema VRV



Fonte: (17)

### 3.1.1.4 Sistema self

“O sistema Self ou Self-contained (tudo contido numa máquina só) é o mais eficaz, segundo alguns técnicos, pois reúne condensadora e evaporadora num gabinete que pode resfriar um andar inteiro.” (1). A máquina é ligada através de dutos de ar, os quais são ligados a diversos ambientes, refrigerando-os de forma igual, climatizando grandes áreas. A figura 7 traz um exemplo de máquina tipo *self*.

Figura 7 – Máquina tipo self



Fonte: (18)

### 3.1.2 Sistema de climatização tipo split

O sistema de climatização tipo split, Figura 8, é o mais conhecido e significa separado ou dividido, ou seja, este sistema é dotado de duas máquinas, a evaporadora e a condensadora. A evaporadora fica na parte interna do ambiente e é responsável por produzir ar frio, já a condensadora é instalada na parte externa para que haja troca de calor com o ambiente externo. “Ele é o mais adotado em residências, por ser silencioso e econômico.” (1)

No caso dos *multi splits* tem-se mais de uma unidade evaporadora para uma condensadora. Uma única condensadora abastece até 3 evaporadoras ou 3 ambientes.

Figura 8 – Ar condicionado tipo Split



Fonte: (19)

### 3.1.3 Sistema de janeleiros

O sistema de janeleiros é o mais tradicional, “ele concentra todos os ‘componentes’ em um só aparelho: condensação, compressão, evaporação e ventilação.” (1). Estes aparelhos são os mais antigos existentes. Por sua fácil instalação são muito usados em ambientes onde não há possibilidade de se usar outra forma de climatização. Embora sejam tradicionais estão sendo deixados de lado por serem barulhentos, pesados e grandes consumidores de energia. A Figura 9 traz um exemplo clássico de um ar condicionado de janela (ACJ).

Figura 9 – Ar condicionado de janela



Fonte: (20)

### 3.2 Gás R-22, o inimigo do meio ambiente

Também denominado de *Freon*, é adotado e registrado pela empresa americana Dupont, é o gás mais conhecido e usado no ramo da refrigeração. O gás R-22 é comercializado em balas de cor verde (Figura 10), com 13,620 kg ou 30 lb de pressão. Porém, é apontado por especialistas como o principal causador de danos à camada de ozônio, pois tem como base o *clorofluorcarbono* (CFC), e representa uma grande ameaça silenciosa à vida.

Figura 10 – Bala de gás R-22



Fonte: (21)

“O gás foi sintetizado em 1928, nos EUA, e fez um tremendo sucesso na indústria porque era versátil, barato e fácil de estocar e passou a ser largamente empregado como gás refrigerante em geladeiras, aparelhos de ar-condicionado.” (1). Na década de 70 surgiram as suspeitas de que ao escapar estava causando danos enormes à camada de ozônio.

Embora a grande maioria dos sistemas de climatização ainda usem esse refrigerante, nos últimos tempos o seu uso está diminuindo. Estudos recentes alertam que mesmo com a diminuição do uso desse gás refrigerante, serão gastos cerca de 50 anos para que se recupere, satisfatoriamente, os danos causados.

“Em 1987, 47 países assinaram o Protocolo de Montreal, um documento com o objetivo de reduzir a emissão de substâncias nocivas à camada de ozônio que passou a vigorar dois anos depois.” (22), com isso a queda do consumo de CFCs chegou a 80%. Atualmente, 191 países fazem parte deste protocolo.

### **3.3 Tecnologia ecológica**

A preocupação com o meio ambiente se torna cada vez mais presente na vida das pessoas. Também, não poderia ser diferente, já que acompanhamos há algum tempo como a tecnologia pode prejudicar ainda mais os recursos naturais do nosso planeta. (22)

As inovações no segmento de tecnologia ‘ecológica’ estão em constante crescimento, pensando nisso, muitos estudiosos trabalham na busca por alternativas que consigam conectar as facilidades da tecnologia com a conservação dos recursos naturais.

#### *3.3.1 R-410, o gás ecológico que protege o meio ambiente*

O gás R-410 é chamado de ecológico por não possuir CFCs, não possuir cloro na sua base de fabricação, tornando-o um gás não prejudicial à saúde e também não agressivo à camada de ozônio.

Foi desenvolvido, principalmente, para substituir o R-22 nos modelos mais novos e tecnológicos, já que nos modelos antigos não dá para fazer a troca imediata, a não ser que se troque o compressor da máquina e faça uma limpeza química na linha instalada. O gás R-410 é comercializado em balas de cor rosa, com 11,320 kg ou 25 lb de pressão, como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Bala de gás R-410



Fonte: (23)

### 3.3.2 Ar condicionado ecológico

O ar condicionado ecológico é um aparelho que garante muitos benefícios para quem compra e também para o meio ambiente, sendo que “o grande destaque do ar condicionado ecológico é, sem dúvidas, a economia com duplo benefício, pois dependendo do fabricante, pode chegar a reduzir até 60% do consumo de energia.” (22), contribuindo dessa forma para a conservação do ambiente, além de reduzir consideravelmente o custo da energia no local de utilização.

A tecnologia do ar condicionado ecológico oferece maior conforto, pois funciona de maneira mais silenciosa, quando comparado aos aparelhos comuns, além de atingir rapidamente a temperatura escolhida. O compressor do ar ecológico é praticamente imperceptível, já que ele conta com um sistema especial, o qual trabalha de forma suave, com respostas rápidas. “O gás refrigerante (R-410), utilizado nos aparelhos, não chega até a camada de ozônio e além disso, quem usa ar condicionado durante oito horas por dia, gasta entre 90 KWh e 110 KWh de energia, algo em torno de R\$50,00.” (22)

A Figura 12 mostra uma evaporadora do modelo ecológico Inverter, com características mais modernas.

Figura 12 – Evaporadora tipo split modelo inverter



Fonte: (24)

Para os usuários da evaporadora tipo split modelo inverter a redução nos gastos com energia gira em torno de R\$20,00, uma economia considerável a longo prazo.

## 4 CONFORTO AMBIENTAL

### 4.1 Ventilação natural

O papel da ventilação natural em uma edificação deve compreender as exigências de conforto térmico específicas para cada período do ano, cada zona climática e topografia da região. Uma vez identificado o local a ser construído deve-se analisar os pontos a serem aproveitados da região. “Desempenho das estratégias bioclimáticas de projeto: inércia térmica e ventilação natural de ventilação é essencial para garantir que as condições de conforto térmico nos ambientes internos sejam mantidas.” (25)

No verão a ventilação deve ser reduzida em horários específicos, nos quais a temperatura externa é mais elevada (entre 11h e 15h), enquanto no inverno a ventilação não deve ser empregada excessivamente, evitando a perda de calor da estrutura da edificação, para que não haja resfriamento da temperatura interna.

As características formais das edificações provocam efeitos aerodinâmicos em torno das construções, resultando em formações de zonas de pressões positivas e negativas (sucção). Desta forma, o arquiteto ou projetista da edificação, que detém o conhecimento destes efeitos, pode usufruir do mesmo para proporcionar um melhor desempenho da ventilação natural na edificação. (26)

As correntes de ar são identificadas como um dos fatores mais incômodos em ambientes de trabalho, porém quando a circulação de ar é bem planejada pode se tornar uma grande aliada na refrigeração. Normalmente, quando ocorre desconforto provocado por corrente de ar, a primeira reação das pessoas é aumentar a temperatura interna, fechando os meios de ventilação, sendo que às vezes essas reações podem deixar o local ainda mais desconfortável, obstruindo a troca de ar com o ambiente externo.

Em ambientes com diferentes níveis de temperaturas, no verão pode ocorrer mudanças entre 23°C e 40°C dependendo da região do país. Nesse caso ocorre desconforto por calor na altura da cabeça ou desconforto por frio ao nível dos pés, tirando a edificação de seu equilíbrio térmico. “Na maioria dos ambientes das edificações, a temperatura do ar normalmente aumenta com a altura em relação ao piso.” (4)

A movimentação do ar num ambiente interfere diretamente no conforto térmico dos indivíduos dentro da edificação, pois influencia nos processos de troca de calor do corpo com o meio por convecção e por evaporação. Isso se torna altamente viável quando a intenção é a perda de calor, ou prejudicial quando essa temperatura já se encontra baixa.

A ventilação também se mostra extremamente necessária para evitar ambientes úmidos, dissipando o ar úmido do ambiente. “A contribuição da ventilação na remoção de calor varia de acordo com a temperatura do ar e também com a umidade relativa.” (4)

A primeira condição para que uma pessoa esteja em conforto térmico, é que o seu corpo se encontre em balanço térmico, todo o calor gerado por seu organismo seja transferido na mesma proporção ao ambiente e depois dissipado. Esse calor é dissipado em forma de energia calórica e transferida ao ambiente pela área superficial do corpo.

Em relação à velocidade do ar utiliza-se a fórmula de Fanger, Figura 13, que combina três parâmetros físicos: temperatura do ar, velocidade média do ar e intensidade de turbulência. Esses parâmetros demonstram o percentual de turbulência que pode gerar desconforto físico e térmico em uma edificação.

Figura 13 – Fórmula de Fanger

$$DR = (34 - t_a) \cdot (v_m - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v_m \cdot t_u + 3,14)$$

Onde:

*DR*: percentual de pessoas desconfortáveis pela movimentação do ar (%)

*v<sub>m</sub>*: velocidade média do ar (m/s);

*t<sub>a</sub>*: temperatura do ar (°C);

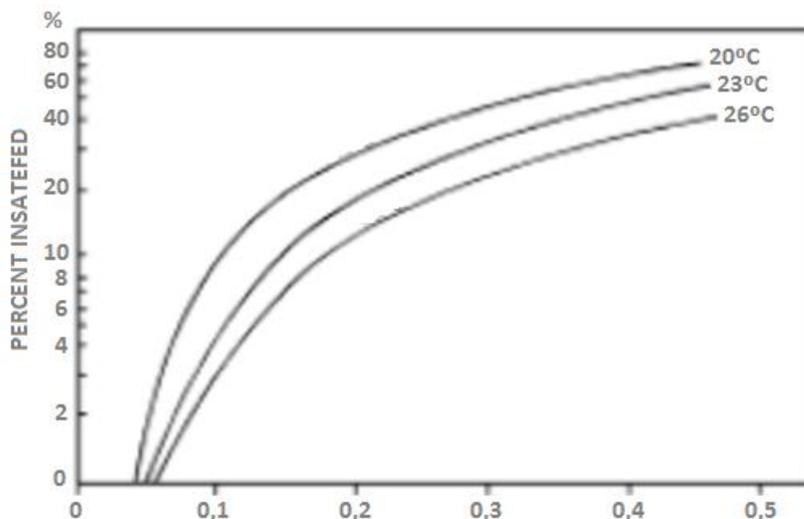
*t<sub>u</sub>*: intensidade de turbulência do ar (%).

Fonte: (8)

O limite máximo a ser considerado pode ser baseado em problemas práticos do dia a dia como o voo de papéis sobre a mesa. As exigências fisiológicas de conforto se referem às velocidades do ar entre 0,5 m/s a 2,5 m/s, enquanto que valores acima desse intervalo são considerados valores causadores de desconforto físico.

O que torna a velocidade do ar tolerante é o modo que o indivíduo se encontra no ambiente e seu metabolismo no momento. O gráfico da figura 14 traz a relação entre temperatura, velocidade do ar e percentual de satisfação.

Figura 14 – Percentagem de pessoas insatisfeitas devido à corrente de ar



Fonte: (1)

Em edificações onde se promove atividades intensas, valores mais altos para a velocidade do ar são considerados confortáveis pois o nível de metabolismo encontra-se elevado, enquanto que para indivíduos 'parados' se torna desagradável. Sendo assim, em edificações como academias, clubes e locais onde promovam aos seus frequentadores algum tipo de exercício físico, é estratégico e eficaz o planejamento da captação dos fluxos de ar, visando economia de energia.

Os tipos de equipamentos mais comuns para a medição da velocidade do ar, são os anemômetros de fio quente – direcionais e os anemômetros de esfera aquecida – omnidirecionais. O cálculo da turbulência desejada numa edificação é feito através dos valores de temperatura e velocidade do ar do local, os quais podem ser aferidos por um Termoanemômetro, Figura 15.

Figura 15 – Termoanemômetro



Fonte: (27)

A Tabela 1 mostra os valores de referência para conhecimento da área efetiva de ventilação por metro quadrado num determinado ambiente.

Tabela 1 – Área de ventilação efetiva (em m<sup>2</sup>)

AMBIENTE	ÁREA DE PISO (m <sup>2</sup> )	ÁREA EFETIVA DE VENTILAÇÃO (m <sup>2</sup> )	PERCENTUAL DA ÁREA DE PISO (%)
Sala de estar/jantar	41,71	7,50	18
Quarto de casal	17,25	1,00	6
Quarto de solteiro	11,21	1,00	9
Cozinha	11,40	1,30	9
Área de serviço	7,98	0,50	6
Banheiro	9,50	0,50	6

Fonte: (25)

#### 4.2 Meios de se obter melhor conforto térmico

Para obter o conforto térmico dentro da edificação em situações de calor é necessário manter a temperatura interna inferior à temperatura externa e evitar aquisição de calor.

No verão as altas temperaturas e a umidade relativa do ar exigem ventilação cruzada, enquanto que a presença da radiação solar requer o sombreamento das

aberturas. Se por um lado a ventilação é bem-vinda nos dias quentes e úmidos, por outro ela deve ser bem planejada para que nos dias frios não interfira no conforto térmico.

Nos dias com alta incidência de radiação solar deve-se bloquear a entrada da insolação para evitar ganho de calor. Outro modo de reduzir os ganhos de calor é através do isolamento térmico, com o uso de materiais isolantes (possuem elevada resistência térmica) nas paredes e coberturas, que são as áreas mais expostas à radiação. A maioria dos isolantes térmicos também são isolantes acústicos.

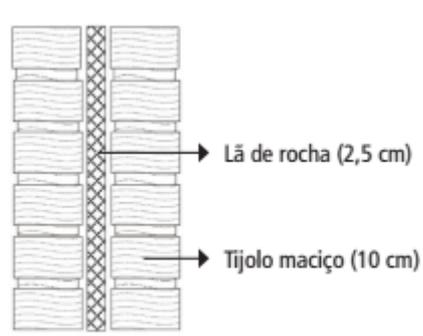
No inverno a edificação pode ganhar calor pelas janelas, enquanto que a cobertura com isolamento térmico evita a perda dessa temperatura para o ambiente externo.

O emprego da forma combinada isolamento e inércia térmica deve ser feito com cuidado, pois caso a temperatura externa esteja mais elevada que a temperatura interna, o sistema de ventilação pode trazer uma corrente de ar quente indesejável, à medida que o isolamento térmico possibilita o acúmulo e transmissão dessa corrente de ar quente em todo ambiente interno.

#### 4.2.1 Paredes

A parede como forma de fechamento da edificação é o que ajuda as correntes de ar permanecerem sem influência da temperatura externa. A tabela da Figura 16 demonstra o desempenho térmico de uma parede térmica.

Figura 16 – Desempenho de uma parede térmica



Paredes duplas de tijolo maciço e lã de rocha		
Valores usados na Casa Eficiente	Referências NBR 15220-3	
<b>Transmitância (U)</b>		
	1,06 W/m <sup>2</sup> K	≤3,6
<b>Atraso térmico (φ)</b>		
	8,6 h	≤4,3
<b>Fator Solar (FS<sub>o</sub>)</b>		
	2,8%	≤4,0

Propriedades termofísicas das paredes externas e recomendações construtivas (NBR 15220-3).

Fonte: (25)

## 4.2.2 Coberturas

A cobertura é um dos elementos responsáveis pelo ganho de calor devido à sua exposição direta à radiação solar. E pensando no conforto térmico, o projetista, deve sempre buscar por alternativas que incluam o isolamento térmico nas coberturas.

No mercado encontramos, mais usualmente, para a cobertura: telhas 'sanduíche', subcobertura, foil de alumínio e pintura, poliestireno extrudado, telhado 'verde'. Com o desenvolvimento e aperfeiçoamento de materiais, cada vez mais surgem novos tipos de cobertura com finalidade de isolamento.

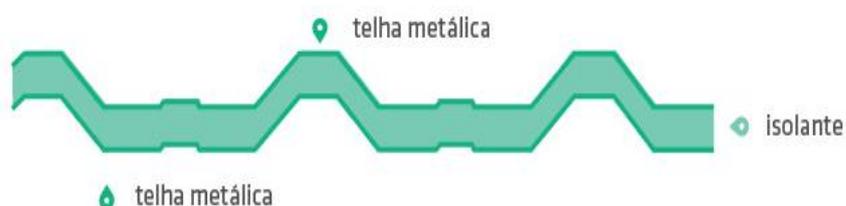
Deve-se ter o cuidado na instalação dessas coberturas para que não haja perda de eficiência no isolamento e não ocorra danos à edificação.

### 4.2.2.1 Telhas sanduíche

Esse tipo de cobertura se tornou popular recentemente, devido à sua praticidade de instalação e ao fato de reunir propriedades que englobam o isolamento térmico e o acústico.

O material possui espessura padrão de 30 mm, é formado por duas chapas metálicas e entre estas um material isolante, seguindo o seguinte esquema: telha metálica + isolante + telha metálica, como demonstra a Figura 17.

Figura 17 – Telha metálica tipo sanduíche



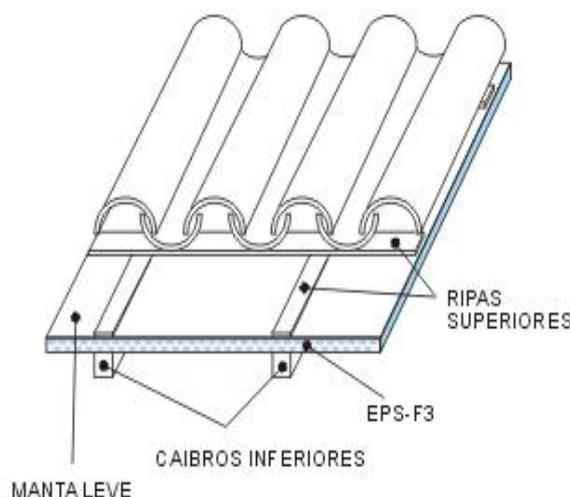
Fonte: (28)

#### 4.2.2.2 Telhado cerâmico com isolamento

A telha cerâmica é muito utilizada na construção, porém quando se deseja ter um bom desempenho térmico faz-se necessário incorporar a este uma manta térmica o que encarece seu valor.

O forramento com a manta térmica pode ser feito diretamente sob as telhas, porém é essencial observar o processo construtivo usado para fazer a disposição do material isolante, Figura 18.

Figura 18 – Telha cerâmica com isolamento térmico



Fonte: (29)

#### 4.2.2.3 Telhado verde

O telhado verde, Figura 19, possui custo variável de acordo como o sistema adotado e gera gastos com manutenção, porém traz benefícios como: aumento do conforto térmico no interior da edificação, melhora a qualidade do ar nas imediações, não propaga calor (é 90% mais eficiente do que os outros sistemas no aspecto absorção de calor), serve como isolante acústico e auxilia na retenção da água de chuva retardando o seu despejo na rede de drenagem pluvial.

Esse tipo de cobertura pode ser usado com estruturas de metal, concreto ou madeira, porém deve-se ter um cuidado especial na escolha das melhores plantas, na instalação de isolamento contra infiltração e no cálculo de carga sobre a laje – pois, ocorre aumento de peso devido a estrutura, substrato, vegetação e água de chuva acumulada.

Figura 19 – Telhado verde

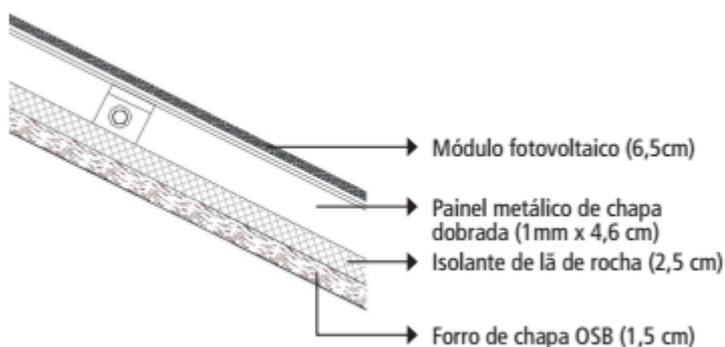


Fonte: (30)

#### 4.2.2.4 Desempenho térmico das coberturas

As Figuras 20, 21 e 22 detalham o desempenho térmico das coberturas dos tipos telha metálica, telha cerâmica e telhado vegetado, respectivamente. Através desse comparativo pode-se escolher o tipo de cobertura mais adequado ao projeto.

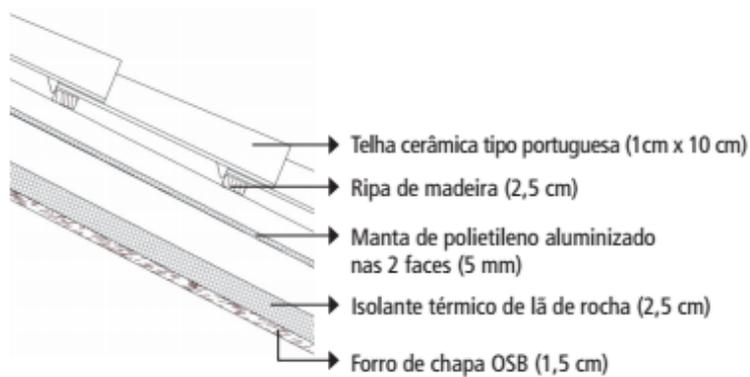
Figura 20 – Propriedades termo físicas da cobertura metálica com isolamento



Cobertura em telha metálica	
Valores usados na Casa Eficiente	Recomendações NBR 15220-3
<b>Transmitância (U)</b>	
0,87 W/m <sup>2</sup> K	≤2
<b>Atraso térmico (φ)</b>	
3,8 h	≤3,3
<b>Fator Solar (FS<sub>o</sub>)</b>	
0,7%	≤6,5

Fonte: (25)

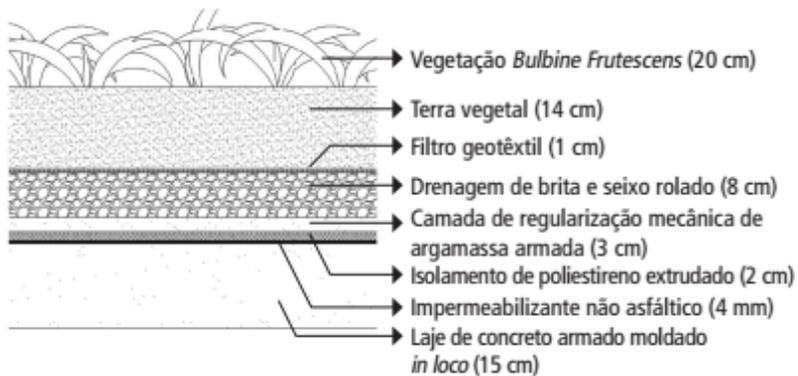
Figura 21 – Propriedades termo físicas da cobertura cerâmica com isolamento



Cobertura em telha cerâmica	
Valores usados na Casa Eficiente	Recomendações NBR 15220-3
<b>Transmitância (U)</b>	
0,57 W/m <sup>2</sup> K	≤2
<b>Atraso térmico (φ)</b>	
4,9 h	≤3,3
<b>Fator Solar (FS<sub>o</sub>)</b>	
1,5%	≤6,5

Fonte: (25)

Figura 22 – Propriedades termo físicas da cobertura vegetal



Telhado vegetado	
Valores usados na Casa Eficiente	Recomendações NBR 15220-3
<b>Transmitância (U)</b>	
0,82 W/m <sup>2</sup> K	≤2
<b>Atraso térmico (φ)</b>	
10,9 h	≤3,3
<b>Fator Solar (FS<sub>o</sub>)</b>	
1,3%	≤6,5

Fonte: (25)

## 5 PROJETO RESIDENCIAL E COMERCIAL NA REGIÃO DE PATOS DE MINAS

### 5.1 Área de estudo

O presente trabalho destina-se à elaboração de projeto de edificação de uso misto (residencial e comercial), visando o melhor desempenho térmico da edificação em todas as estações do ano, partindo do pressuposto: 'necessidade de utilização de climatização natural e mecânica'.

O local, objeto de estudo, possui área igual a 729,17 m<sup>2</sup>, situa-se no cruzamento entre as ruas 'Zico Soares' e 'Sinésio Moreira de Carvalho', no bairro Ipanema, cidade de Patos de Minas – MG, como demonstrado nas Figuras 21 e 22.

Figura 23 – Vista de frente para o lote



Fonte: (31)

Figura 24 – Vista em situação do lote



Fonte: (32)

## 5.2 Análise de dados básicos

Após a definição do local foi solicitado no setor responsável da Prefeitura Municipal de Patos de Minas os dados básicos e parâmetros urbanísticos para a área, Anexo A e através do site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET foi realizada pesquisa para a obtenção de dados climáticos da região, os quais são essenciais para a elaboração do projeto arquitetônico e de climatização.

### 5.2.1 Parâmetros urbanísticos

A legislação urbana municipal estabelece critérios de ocupação e utilização do solo urbano, bem como estabelece os parâmetros urbanísticos a serem observados de acordo como o zoneamento. A Lei Complementar nº 320, de 31/12/2008, define a Macrozona de Adensamento com predominância de usos residencial e atividades econômicas dispersas (nos corredores viários), permitindo o adensamento populacional.

O imóvel, objeto de estudo, pertence à Zona de Adensamento 2 – ZA-2, cujos parâmetros urbanísticos constam da Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros urbanísticos para a ZA-2

PARÂMETRO	EXIGÊNCIAS
Uso	Residencial unifamiliar ou multifamiliar e não residencial.
Coeficiente de Aproveitamento	1,8
Taxa de Ocupação	70%
Taxa de Permeabilidade	20%
Recuo Frontal	3,0 m
Afastamento Lateral	1,5 m
Altura Máxima da Edificação	1,5

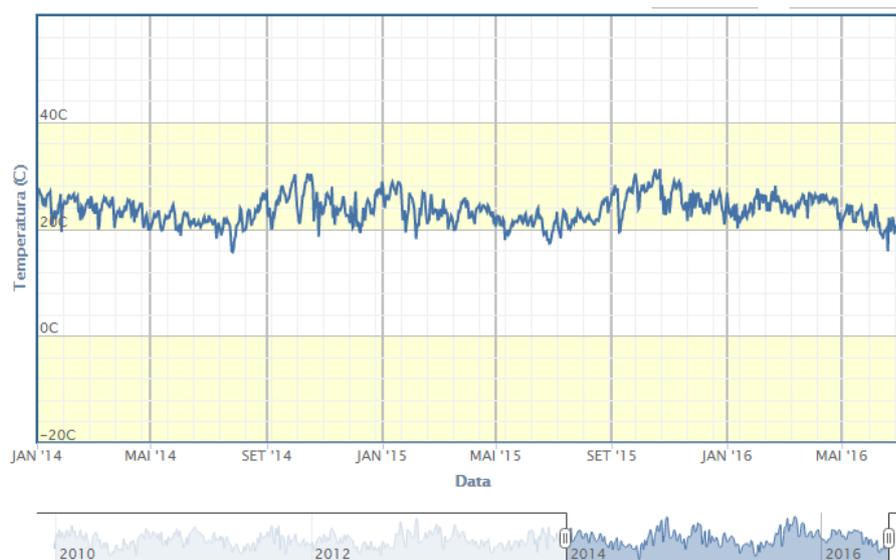
## 5.2.2 Dados climáticos

A premissa básica foi criada observando as condições climáticas da região (Estação Meteorológica de Observação de Superfície Convencional – 83531, Patos de Minas – MG), no período compreendido entre 2014 e 2016, sendo analisados os seguintes dados: temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, radiação solar, precipitação, direção e velocidade dos ventos.

### 5.2.2.1 Temperatura

A análise dos dados na mudança das estações de inverno para primavera (22 Setembro - 11:21 h) mostra que a temperatura, Figura 25, sofre variação na parte da tarde, elevando-se de 20°C até 26°C, valores esses definidos como de médio a alto.

Figura 25 – Gráfico de temperatura

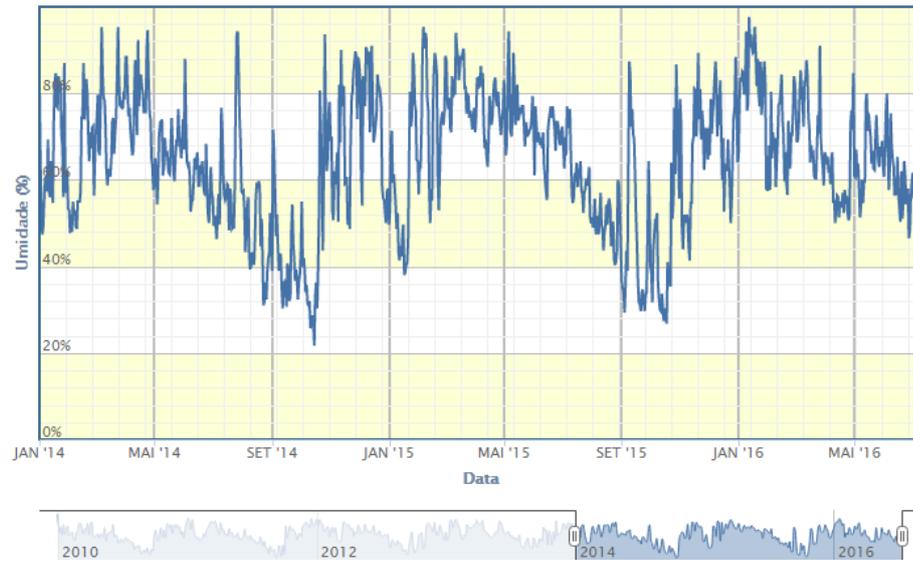


Fonte: (33)

### 5.2.2.2 Umidade relativa do ar

Por haver um aquecimento do ar na primavera ocorre aumento na taxa de umidade relativa do ar, Figura 26, sendo que em dias mais quentes o nível pode chegar a 25% e nos dias mais frios até 98%.

Figura 26 – Gráfico de umidade relativa do ar



Fonte: (33)

### 5.2.2.3 Pressão Atmosférica

A pressão atmosférica, Figura 27, varia entre 900 e 903 hPa.

Figura 27 – Gráfico de pressão atmosférica

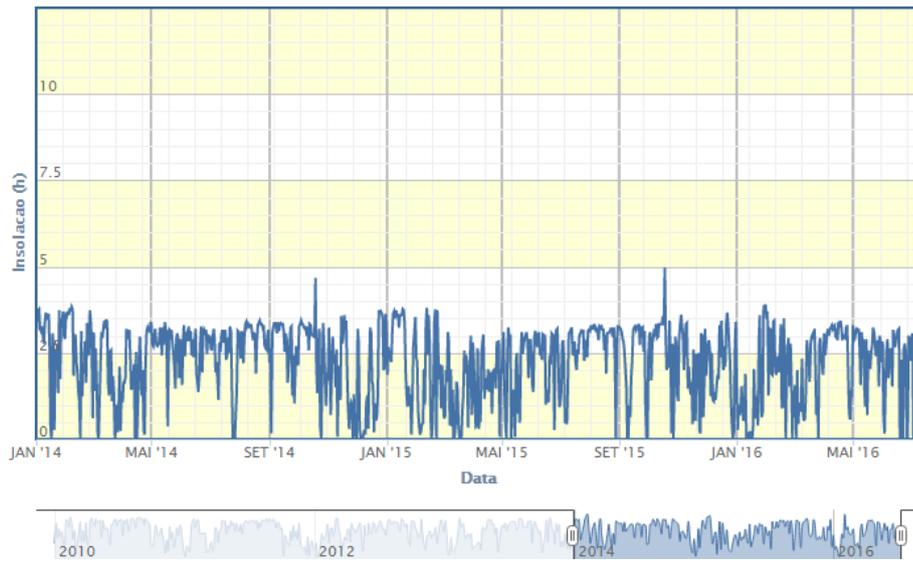


Fonte: (33)

#### 5.2.2.4 Radiação Solar

A radiação solar ou insolação, Figura 28, é constante, variando entre 18 e 23 horas, ocorrendo queda no final de setembro e alta no início de outubro.

Figura 28 – Gráfico de radiação solar

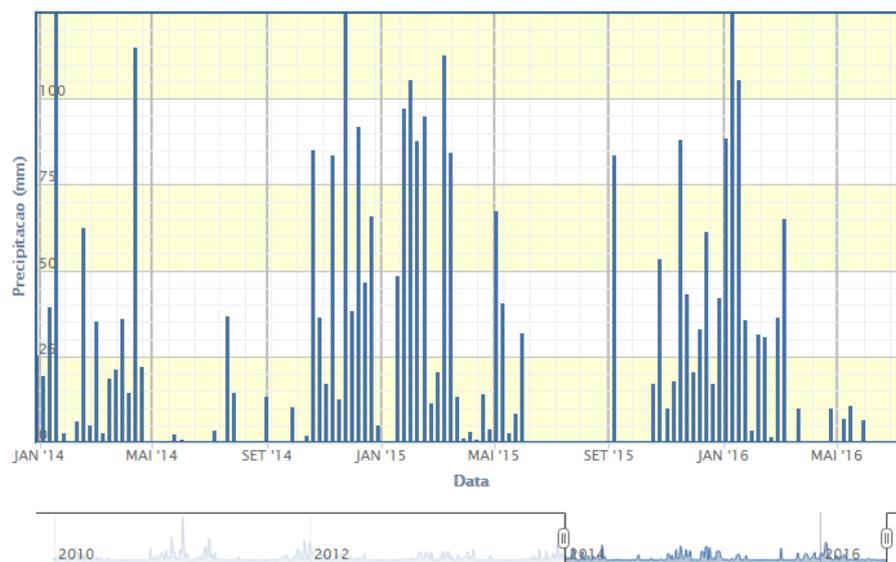


Fonte: (33)

#### 5.2.2.5 Precipitação

Em setembro de 2015 a precipitação, Figura 29, teve média de 80 mm.

Figura 29 – Gráfico de precipitação

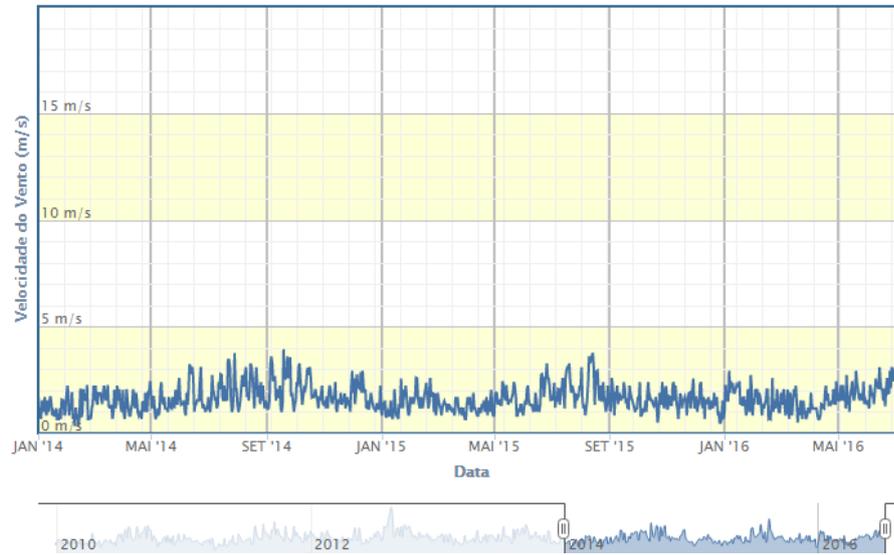


Fonte: (33)

### 5.2.2.6 Velocidade do vento

A velocidade dos ventos, Figura 30, não ultrapassa o valor de 3,0 m/s.

Figura 30 – Gráfico de velocidade do vento

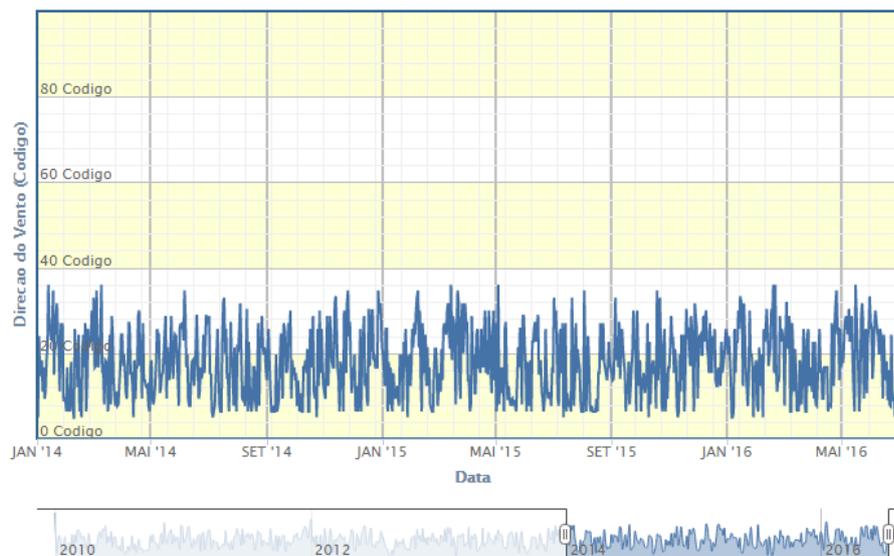


Fonte: (33)

### 5.2.2.7 Direção do vento

A direção dos ventos, Figura 31, é sul-sudoeste – código 20, Figura 32.

Figura 31 – Gráfico de direção do vento



Fonte: (33)

Figura 32 – Tabela de códigos para a direção do vento

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DESC. SIMPLES	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	DESC. SIMPLES
0	Calma	C	20	Sul - Sudoeste	SSW
1	Norte - Nordeste	NNE	21	Sul - Sudoeste	SSW
2	Norte - Nordeste	NNE	22	Sul - Sudoeste	SSW
3	Norte - Nordeste	NNE	23	Sudoeste	SW
4	Norte - Nordeste	NNE	24	Sudoeste	SW
5	Nordeste	NE	25	Oeste - Sudoeste	WSW
6	Nordeste	NE	26	Oeste - Sudoeste	WSW
7	Este - Nordeste	ENE	27	Oeste	W
8	Este - Nordeste	ENE	28	Oeste	W
9	Leste	E	29	Oeste - Noroeste	WNW
10	Leste	E	30	Oeste - Noroeste	WNW
11	Este - Sudeste	ESE	31	Oeste - Noroeste	WNW
12	Este - Sudeste	ESE	32	Noroeste	NW
13	Este - Sudeste	ESE	33	Noroeste	NW
14	Sudeste	SE	34	Norte - Noroeste	NNW
15	Sudeste	SE	35	Norte - Noroeste	NNW
16	Sul - Sudeste	SSE	36	Norte	N
17	Sul - Sudeste	SSE	99	Variável	Variável
18	Sul	S			
19	Sul	S			

Fonte:(34)

### 5.3 Projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico adota como premissa o aproveitamento da ventilação natural.

Quanto às esquadrias deve-se observar:

- O posicionamento das aberturas na mesma orientação da direção dos ventos dominantes no verão (Norte e Nordeste), de forma a capturá-los;
- O posicionamento das aberturas em paredes opostas para favorecer a ventilação cruzada;
- A utilização de vidros no sentido vertical;
- Preocupação com os materiais de fechamento das aberturas, devido às baixas temperaturas durante o inverno (vidros duplos e persianas nas esquadrias);
- Preocupação com os ventos provenientes do Sul, para minimizar o desconforto no inverno e com os ventos turbulentos (utilizar barreiras para diminuir a velocidade do vento e optar pela ausência de aberturas na fachada Sul).

Quanto à alvenaria deve-se observar:

- Os afastamentos laterais e de fundos devem ser seguidos a fim de possibilitar a passagem dos ventos;

- Paredes espessas, com ar em seu interior ou isolante, evitam as trocas de calor com o meio externo;
- A orientação norte favorece o conforto térmico, obtendo-se insolação máxima no inverno e mínima no verão.

Quanto à cobertura deve-se observar:

- A sua vedação para que não haja trocas de calor com o meio;
- A utilização de materiais isolantes com a finalidade de diminuir o aquecimento interno evitando que o calor se acumule.

### 5.3.1 Esquadrias

No projeto residencial foram adotadas aberturas com vão de janelas de 2,10 x 1,80 m de altura, sendo as peças constituídas por alumínio e vidro temperado, modelo basculante lateral, Figura 33. O alumínio é um material resistente, não deforma e não degrada em contato com água; o vidro temperado quando está fechado impede perda ou ganho de calor.

Figura 33 – Janela basculante lateral



Fonte: (35)

Esse tipo de esquadria permite ao usuário a abertura total ou parcial do vão, podendo também trocar a direção de abertura, para que o vidro possa ser usado como um barrado ou um captador de ventos. Esse tipo de janela permite a entrada total do vento e a saída, servindo de exaustão para o ar quente.

As janelas dos banheiros são do modelo *maxim ar*, Figura 34, o qual permite boa ventilação, porém não faz a captura do ar, o que não deixa o ambiente gelado.

Figura 34 – Janela modelo maxim ar



Fonte: (36)

A porta principal da residência não tem função na captação de ar, será de madeira com dimensão de 2,10 x 0,80 m. Porém, a fachada 02 terá uma porta de correr de vidro temperado com dimensão 2,20 x 2,0 m, para que possa ser aberta em dias com temperatura mais amena com o intuito de ventilar o ambiente. A Figura 35 mostra um modelo de porta de vidro de correr de uma folha.

Figura 35 – Porta de vidro temperado



Fonte: (37)

No projeto comercial optou-se por ventilação mecânica, sendo adotadas aberturas de vidros fixos e vedados servindo apenas como fonte de luminosidade, com exceção da porta de entrada.

### 5.3.2 Alvenaria

Para a alvenaria externa optou-se pela instalação de paredes com isolamento térmico e acústico, feita de tijolos cerâmicos maciços de tamanho 5 cm x 10 cm x 20 cm, com revestimento 'sanduíche' utilizando lã de rocha, Figura 36, lã de vidro com manta de alumínio, Figura 37, ou lã de vidro, Figura 38.

Figura 36 – Lã de rocha



Fonte: (38)

Figura 37 – Lã de vidro com manta de alumínio



Fonte: (39)

Figura 38 – Lã de vidro



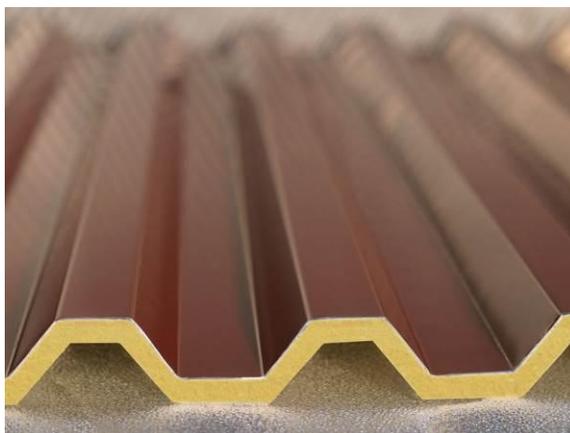
Fonte: (40)

Para a alvenaria das divisões internas do projeto residencial podem ser escolhidas alvenaria convencional, *drywall* ou alvenaria com revestimento isolante. No projeto optou-se por fazer a alvenaria de tijolos cerâmicos comuns, pois não há nenhum impedimento no rendimento térmico do projeto.

### 5.3.3 Cobertura

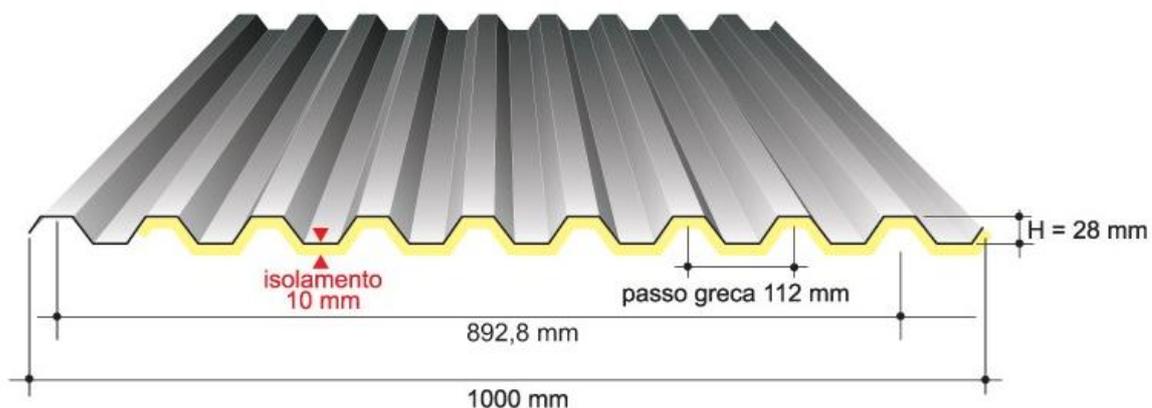
Para a cobertura do projeto, Anexo A, optou-se pela telha metálica 'sanduíche', Figura 39, por ser prática, econômica e de fácil instalação, não sendo necessário mão de obra especializada. As dimensões pré-estabelecidas podem ser visualizadas na Figura 40.

Figura 39 – Painel metálico isotérmico para cobertura



Fonte: (41)

Figura 40 – Painel metálico isotérmico com dimensões



Fonte: (42)

#### 5.4 Análise dos dados climáticos e projeto arquitetônico

Através da análise dos dados climáticos, obtidos no site do INMET, verificou-se que a época mais crítica é logo após o período de estiagem – com baixa umidade relativa do ar (25%), temperatura entre 20°C e 26°C e baixo índice pluviométrico (80 mm/mês), a incidência de ventos vindos do sul-sudoeste é um fator positivo que contribui para a manutenção do equilíbrio térmico. Os ventos sul-sudoeste assumem os seguintes trajetos:

- Retorno: o vento ao bater em edificações vizinhas tem sua temperatura inicial alterada, porém ainda é agradável. Em dias quentes deve-se tomar cuidado com essa corrente de ar, pois ao voltar para edificação (objeto de estudo) pode trazer calor em excesso.
- Circulação de ar: o vento incide direto na edificação, em sua alvenaria, entrando pelas janelas sem que nenhum fator exterior modifique a sua temperatura inicial. Em dias quentes, quando a temperatura externa é superior à interna, deve-se ter o controle das aberturas, mantendo-as fechadas para que a temperatura interna da edificação se conserve.
- Exaustão: o ar quente, que se encontra dentro na edificação, sai no sentido oposto ao de entrada do ar frio. A exaustão é de grande importância nos projetos, pois ajuda a eliminar o ar quente e úmido tornando o ambiente mais fresco.

Considerando as exigências do projeto a investigação faz-se necessária para verificar o desempenho real da ventilação cruzada, a qual depende da análise de

distribuição dos fluxos de ar, proporcionada pelas aberturas de entrada e saída do vento nos diversos ambientes.

No pavimento térreo, uso comercial, há barramento de circulação de ar, ficando pré-estabelecido o uso de climatização mecânica, como representado no Anexo B. No segundo e terceiro pavimentos, uso residencial, a circulação de ar segue o esquema definido conforme Anexo C.

## 5.5 Sistema mecânico de climatização

O binário, ambiente ventilado naturalmente e ambiente termicamente condicionado, tem sido tema de muitos estudos, uma vez que o mesmo representa não só a obtenção do conforto pelas pessoas, como a conservação de energia, num mundo cada vez com menos capacidades energéticas, e também a saúde das pessoas usuárias de um ambiente e suas capacidades em controlar esses mesmos ambientes. (1)

Climatizar um ambiente significa submeter um determinado equipamento a certas condições. Para que haja conforto no ambiente e consiga-se usufruir do equipamento em boas condições é essencial que se faça a compatibilidade entre o projeto arquitetônico e de climatização.

A elaboração do projeto de climatização deve ser uma ação conjunta entre projetista e empreendedor, colocando-se os impactos e soluções para a redução de energia e conservação do meio ambiente.

Pensando no aspecto redução, pode-se elaborar um sistema de reaproveitamento da água do dreno de suas evaporadoras, levando-a através de tubos de policloreto de vinil (PVC) até um reservatório no térreo da edificação e de lá por bombeamento até outro reservatório alto. Essa água pode ser usada em torneiras de jardins e vasos sanitários.

Além do que, adotar o sistema de climatização desde a elaboração do projeto possibilita criar artifícios para esconder a máquina externa para não gerar poluição visual em sua fachada, Figura 41.

Figura 41 – Poluição visual gerada por condensadoras



Fonte: (43)

#### *5.5.1 Dados do projeto arquitetônico*

O projeto refere-se a uma edificação de uso misto (comercial e residencial), constituída por três pavimentos. Sendo no pavimento térreo uma loja (sem ventilação natural) e no segundo e terceiro pavimentos, dois apartamentos cada. Cada apartamento possui dois quartos com suíte, banheiro social, sala acoplada à cozinha e área de serviço.

#### *5.5.2 Dados do projeto de climatização*

No Brasil, o sistema de ar condicionado e sua instalação é regido pela NBR 16401-1 de 2008, a qual oferece suporte para a elaboração de projetos.

Para a elaboração de um projeto de climatização é necessário a análise, em conjunto, das plantas arquitetônicas (planta baixa, cortes – Anexo D, vistas – Anexos E e F), posicionamento do sol em relação à edificação no decorrer do ano, dentre outros.

Os dados utilizados na elaboração deste estudo foram obtidos pela NBR 16401-1, com base na cidade de Uberaba – MG, por ter características semelhantes e ser a mais próxima de Patos de Minas – MG, conforme Figura 42.

Figura 42 – Tabela de dados predominantes na Região Sudeste

MG	Uberaba		Latitude	Longit.	Altitude	Pr.atm	Período	Extrem. anuais	TBU	TBSmx	s	TBSmn	s	
			19,78S	47,97W	807m	92,00	83/01		29,7	35,9	1,5	6,7	3,0	
Mês>Qt	Freq.	Resfriamento e desumidificação				Baixa umidade			Mês>Fr	Freq.	Aquec.	Umidificação		
Out	anual	TBS	TBUc	TBU	TBSc	TPO	w	TBSc	Jun	anual	TBS	TPO	w	TBSc
	0,4%	33,6	19,3	23,2	28,4	22,1	18,5	24,8		99,6%	10,5	1,8	4,7	22,8
$\Delta T_{md}$	1%	32,7	19,6	22,8	28,0	21,6	17,9	24,3		99%	12,7	3,3	5,3	22,6
10,9	2%	31,9	19,9	22,5	27,7	21,1	17,4	23,9						

Fonte: (44)

### 5.5.3 Climatização das instalações

Ressalta-se que o projeto de climatização é tão importante quanto os demais projetos de uma edificação, pois a climatização em ambientes já construídos gera transtornos, custos extras com a modificação na alvenaria e rede de energia, além de causar poluição visual nos ambientes internos (tubulações à vista, espaços divididos por calhas, etc.) e externos (fachadas).

O projeto de climatização visa utilizar de forma inteligente as técnicas de instalação, reduzir a poluição visual, evitar transtornos e gastos financeiros no futuro. O projeto deste trabalho prevê a climatização da loja e dos quartos.

#### 5.5.3.1 Climatização da loja

A loja situada no primeiro pavimento não possui ventilação natural, é dotada de dois ambientes, sendo o administrativo com 38,67 m<sup>2</sup> e a área comercial com 39,20 m<sup>2</sup>, totalizando uma área de 77,87 m<sup>2</sup>, como pode ser observado na planta baixa, Anexo B. Serão instaladas quatro máquinas de 24000 BTUs para atender a demanda de climatização por área, levando em consideração que não há equipamentos que produzem calor nessas áreas. O sistema adotado para a climatização é o equipamento tipo *Splits*, com evaporadora tipo Cassete, Figura 43.

Figura 43 – Evaporadora tipo Cassete



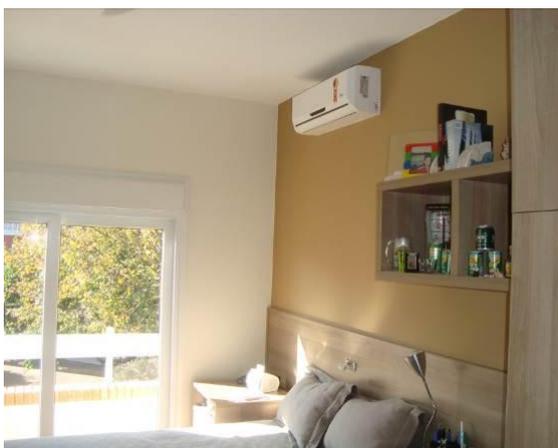
Fonte: (45)

A tubulação usada nas instalações será de cobre, obedecendo a bitola recomendada pelo fabricante, passando pelo rebaixamento da laje, indo até a condensadora situada na parte de trás da edificação, em local apropriado. Os tubos serão isolados termicamente com a finalidade de reduzir perdas e ganhos de calor.

#### 5.5.3.2 Climatização dos quartos

Os quartos dos quatro apartamentos são iguais e têm área igual a 14 m<sup>2</sup>. O sistema de climatização será acionado somente quando a demanda de conforto térmico não for atendida. Será instalada uma máquina de 18000 BTUs para atender a demanda de climatização do dormitório. O sistema adotado para a climatização é o equipamento tipo *Splits Inverter*, com evaporadora tipo *Hi-wall*, Figura 44.

Figura 44 – Evaporadora tipo Hi-wall



Fonte: (46)

A tubulação será embutida na parede, para que não haja poluição visual na fachada da edificação. As condensadoras serão alocadas sobre a marquise, logo abaixo das janelas do banheiro e serão escondidas por faixas metálicas e decorativas na fachada da edificação, Anexo G.

#### *5.5.4 Reaproveitamento da água coletada*

Com o objetivo de gerar economia no consumo de água, será instalada uma rede de coleta e reuso da água condensada, de todos os drenos das evaporadoras.

A água coletada será levada até um reservatório no nível da loja, e de lá será bombeada a um segundo reservatório no alto da edificação, sendo posteriormente utilizada nas torneiras dos jardins e vasos sanitários.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As diferentes condições climáticas, frios intensos ou calor em excesso, exigem a construção de edificações eficientes tanto em relação ao conforto térmico quanto à economia de energia.

Seguindo essa temática, buscamos desenvolver um projeto arquitetônico e de climatização, natural e mecânica, orientado por normas e estudos que visam a utilização dos recursos naturais disponíveis, bem como de materiais construtivos e equipamentos eficientes.

O estudo detalhado sobre o conforto térmico nos leva às seguintes conclusões: a radiação solar e os ventos predominantes interferem diretamente no desempenho térmico da edificação, requerendo atenção especial durante a elaboração do projeto para o posicionamento adequado da edificação e das esquadrias, visando obter ganhos com a ventilação natural; conhecer os materiais construtivos, suas propriedades físicas e térmicas, e as práticas corretas de instalação torna possível aproveitar o máximo do seu desempenho térmico; e equipamentos para climatização eficientes e com tecnologia limpa contribuem para a ventilação adequada e melhor qualidade do ar nos períodos mais críticos.

A análise desses fatores nos leva a um conjunto de decisões sobre a criação e desenvolvimento compatibilizado dos projetos arquitetônico e de climatização, natural e mecânica, visando obter a eficiência máxima de conforto, reduzir os custos das obras e diminuir os gastos com energia. Os projetos integram a preocupação com a estética das fachadas e a conservação do ambiente, com o emprego de tecnologias menos poluentes e o reuso da água produzida pela condensação.

## REFERÊNCIAS

- 1 WEB AR CONDICIONADO (Porto Alegre). **Sistemas de climatização em prédios comerciais.** Disponível em: <<http://www.webarcondicionado.com.br/aparelhos-de-ar-condicionado-em-predios-comerciais>>. Acesso em: 16 mai. 2016.
  
- 2 ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas: um guia de sobrevivência para o século XXI.** Porto Alegre: Artmed, 2009. 383 p. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?id=UGcaBwAAQBAJ&pg=PA58&lpg=PA58&dq=%22As+casas+de+tijolo+de+Yazd,&source=bl&ots=3qZ6m5MNH8&sig=YcuC3n710CsS1tMxu3Bvs43Qttc&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwie-5D75q\\_MAhXHshQKHSYHDpcQ6AEIHDAAC#v=onepage&q=As casas de tijolo de Yazd,&f=false](https://books.google.com.br/books?id=UGcaBwAAQBAJ&pg=PA58&lpg=PA58&dq=%22As+casas+de+tijolo+de+Yazd,&source=bl&ots=3qZ6m5MNH8&sig=YcuC3n710CsS1tMxu3Bvs43Qttc&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwie-5D75q_MAhXHshQKHSYHDpcQ6AEIHDAAC#v=onepage&q=As%20casas%20de%20tijolo%20de%20Yazd,&f=false)>. Acesso em: 27 abr. 2016.
  
- 3 BOGO, A. et al. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto Térmico.** 1994. 83 f. Tese - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 1994. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Claudio\\_Pietrobon/publication/263046213\\_RELATRIO\\_DE\\_PESQUISA\\_-\\_RP\\_02-1994\\_-\\_BIOCLIMATOLOGIA/links/0deec539a08c60a29d000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Claudio_Pietrobon/publication/263046213_RELATRIO_DE_PESQUISA_-_RP_02-1994_-_BIOCLIMATOLOGIA/links/0deec539a08c60a29d000000.pdf)>. Acesso em: 28 mar. 2016.
  
- 4 RORIZ, M. **Conforto e desempenho térmico de edificações.** 2008. 63 f. Tese - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR), São Carlos, 2008. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/geese/seqe/wp-content/uploads/2010/11/Apostila.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2016.
  
- 5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro: Moderna, 2003. 66 p. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/patriciaalopes9480/nbr-15220>>. Acesso em: 29 mar. 2016.
  
- 6 LAMBERTS, R. **Desempenho térmico de edificações.** 2005. 42 f. Tese - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2005. Disponível em: <<http://www.ceap.br/material/MAT25022013164631.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2016.
  
- 7 XAVIER, A. A. P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis.** 1999. 209 f. Dissertação - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 1999. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Roberto\\_Lamberts/publication/268377215\\_CONDIES\\_DE\\_CONFORTO\\_TRMICO\\_PARA\\_ESTUDANTES\\_DE\\_2\\_GRAU\\_NA\\_REGI](https://www.researchgate.net/profile/Roberto_Lamberts/publication/268377215_CONDIES_DE_CONFORTO_TRMICO_PARA_ESTUDANTES_DE_2_GRAU_NA_REGI)>

O\_DE\_FLORIANPOLIS/links/54d23c360cf2b0c6146906a4.pdf>. Acesso em: 09 mai. 2016.

8 LAMBERTS, R. **Conforto e stress térmico**. 2011. 87 f. Tese - Curso de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2011. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200\\_apostila\\_2011.pdf\\_2.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV4200_apostila_2011.pdf_2.pdf)>. Acesso em: 10 mai. 2011.

9 CAMARGO, J. R.; FARIA, M. P. **Impacto do aquecimento global em sistemas de condicionamento de ar**. 2002. 21 f. Dissertação - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2002. Disponível em: <<http://revistas.unitau.br/ojs-2.2/index.php/exatas/article/view/318/528>>. Acesso em: 17 mai. 2016.

10 VERSAGE, R. S. **Ventilação natural e desempenho térmico de edifícios verticais multifamiliares em Campo Grande - MS**. 2009. 96 f. Dissertação - Curso de Arquitetura, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2009. Disponível em: <[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO\\_RogérioVersage.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_RogérioVersage.pdf)>. Acesso em: 22 mai. 2016.

11 ROTTA, R. **Desempenho térmico de edificações multifamiliares de interesse social em conjuntos habitacionais na cidade de Santa Maria - RS**. 2009. 132 f. Dissertação - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. Disponível em: <[http://cascavel.ufsm.br/tede/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=2651](http://cascavel.ufsm.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2651)>. Acesso em: 29 mar. 2016.

12 FRANCISCO, W. C. **Inversão térmica**. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/inversao-termica.htm>>. Acesso em: 26 mai. 2016.

13 DRB AR CONDICIONADO [homepage na Internet]. Disponível em: <http://www.drb.com.br/wp-content/themes/drb/images/foto-chiller-01.jpg>. Acesso em: 04 jun. 2016.

14 WEB ARCONDICIONADO [homepage na Internet]. Disponível em: <http://www.webarcondicionado.com.br/wp-content/uploads/2012/11/ar-condicionado-fan-coil.jpg>. Acesso em: 04 jun. 2016.

15 CARRIER [homepage na Internet]. Disponível em: [http://cdn.carrierdobrasil.com.br/caracteristicas\\_modelos/314c6-1.jpg](http://cdn.carrierdobrasil.com.br/caracteristicas_modelos/314c6-1.jpg). Acesso em: 04 jun. 2016.

16 MAYEKAWA [homepage na Internet]. Disponível em: <http://mayekawa.com.br/wp/wp-content/uploads/2016/01/097-450x350.jpg>. Acesso em: 04 jun. 2016.

17 KELVIN CLIMA [homepage na Internet]. Disponível em: <http://www.kelvinclima.com.br/ar-condicionado-residencial.html>. Acesso em: 04 jun. 2016.

18 CASA DA CLIMATIZAÇÃO [homepage na Internet]. Disponível em: <http://www.casadaclimatizacao.com.br/images/tudo/UNITCON/self-contained.jpg>. Acesso em: 04 jun. 2016.

19 O ARQUIVO [homepage na Internet]. **Split**. Disponível em: <http://www.oarquivo.com.br/variedades/ciencia-e-tecnologia/2257-ar-condicionado-split-portatil-de-parede-ou-climatizadoresqual-a-melhor-escolha.html>. Acesso em: 04 jun. 2016.

20 WEB ARCONDICIONADO [homepage na Internet]. Disponível em: [http://static.webarcondicionado.com.br/blog/uploads/2013/06/46659576\\_1-150x150.jpg](http://static.webarcondicionado.com.br/blog/uploads/2013/06/46659576_1-150x150.jpg). Acesso em: 04 jun. 2016.

21 POLIPARTES [homepage na Internet]. Disponível em: <http://polipartes.vteximg.com.br/gas-refrigerante-r22-dac-1360kg-genetron-500122/p>. Acesso em: 04 jun. 2016.

22 LUIZ, J. **Ar condicionado ecológico: benefícios para você e o meio ambiente**. Disponível em: <<http://www.portaleletricista.com.br/ar-condicionado-ecologico-e-seus-beneficios/>>. Acesso em: 16 mai. 2016.

23 POLIPARTES [homepage na Internet]. Disponível em: <http://polipartes.vteximg.com.br/gas-refrigerante-suva-410a-r-410a-dac-5kg-dupont-9004105/p>. Acesso em: 04 jun. 2016.

24 CENTRAL AR [homepage na Internet]. Disponível em: <http://static.centralar.com.br/images/Ar-Condicionado-Split-Inverter-Samsung-12000-BTUs-Frio.jpg>. Acesso em: 04 jun. 2016.

25 LAMBERTS, R. et al. **Casa eficiente: bioclimatologia e desempenho Térmico**. Florianópolis: Roberto Lamberts, 2010. 130 p. Disponível em: <[https://drive.google.com/file/d/0B0g\\_jNyE3aTSdURPNjdx21MZUU/view?pref=2&pli=1](https://drive.google.com/file/d/0B0g_jNyE3aTSdURPNjdx21MZUU/view?pref=2&pli=1)>. Acesso em: 04 abr. 2016.

26 SORGATO, M. J. **Desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente**. 2009. 216 f. Dissertação - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis,

2009. Disponível em:  
<[http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO\\_Marcio\\_Sorgato.pdf](http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Marcio_Sorgato.pdf)>. Acesso em: 20 mai. 2016.

27 VECTUS [homepage na Internet]. Acesso em: 04 jun. 2016. Disponível em:  
<http://www.vectus.com.br/termoanemometro.html>.

28 HOMETEKKA [homepage na Internet]. **Estrutura de uma telha termoacústica.** Disponível em: <https://www.hometeka.com.br/aprenda/o-que-e-telha-termoacustica-sanduiche/>. Acesso em: 29 mai. 2016.

29 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO [homepage na Internet]. Disponível em: <http://www.abrapex.com.br/31z05ITTelha.html>. Acesso em: 29 mai. 2016.

30 2030 STUDIO [homepage na Internet]. Disponível em:  
<http://2030studio.com/telhado-verde-uma-opcao-sustentavel/>). Acesso em: 29 mai. 2016.

31 GOOGLE MAPS [homepage na Internet]. Disponível em:  
[https://www.google.com.br/maps/@-18.6181869,-46.5098191,3a,75y,141.14h,77.84t/data=!3m7!1e1!3m5!1sJByBHpGN4\\_1vHF8UTB4zrg!2e0!6s%2F%2Fgeo0.ggpht.com%2Fcbk%3Fpanoid%3DJByBHpGN4\\_1vHF8UTB4zrg%26output%3Dthumbnail%26cb\\_client%3Dmaps\\_sv.tactile.gps%26thumb%3D2%26w%3D203%26h%3D100%26yaw%3D315.06467%26pitch%3D0!7i13312!8i6656](https://www.google.com.br/maps/@-18.6181869,-46.5098191,3a,75y,141.14h,77.84t/data=!3m7!1e1!3m5!1sJByBHpGN4_1vHF8UTB4zrg!2e0!6s%2F%2Fgeo0.ggpht.com%2Fcbk%3Fpanoid%3DJByBHpGN4_1vHF8UTB4zrg%26output%3Dthumbnail%26cb_client%3Dmaps_sv.tactile.gps%26thumb%3D2%26w%3D203%26h%3D100%26yaw%3D315.06467%26pitch%3D0!7i13312!8i6656). Acesso em: 04 jun. 2016.

32 GOOGLE MAPS [homepage na Internet]. Disponível em:  
<https://www.google.com.br/maps/dir/Rua+Zico+Soares+-+Ipanema,+Patos+de+Minas+-+MG,+38706-490/Rua+Sin%C3%A9sio+Moreira+de+Carvalho+-+Cidade+Nova,+Patos+de+Minas+-+MG,+38706-414/@-18.6199279,-46.511797,17z/data=!3m1!4b1!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x94ae60046d7f6f35:0xdc1031ec05bbc508!2m2!1d-46.5106318!2d-18.6213477!1m5!1m1!1s0x94ae60039e9ede51:0xc551fb1004b8c939!2m2!1d-46.5091896!2d-18.6186168>. Acesso em: 04 jun. 2016.

33 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA [homepage na Internet]. Disponível em:  
[http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede\\_estacoes\\_conv\\_graf](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_conv_graf). Acesso em: 04 jun. 2016.

34 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA [homepage na Internet]. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/projetos/grafico/tabela\\_de\\_codigos.html](http://www.inmet.gov.br/projetos/grafico/tabela_de_codigos.html). Acesso em: 04 jun. 2016.

35 CONSTRUTORA VION [homepage na Internet]. **Pivotante**. Disponível em: <http://aconstrutoravion.blogspot.com.br/2015/05/que-tipo-de-esquadria-escolher.html>. Acesso em: 29 mai. de 2016.

36 VITRALLUX [homepage na Internet]. Disponível em: <http://www.vitrallux.com.br/vidro-temperado/vidro-temperado-padrao/>. Acesso em: 04 jun. 2016.

37 JP VIDROS TEMPERADOS [homepage na Internet]. Disponível em: <http://jpvidrostemperados.com.br/produtos/portas/>. Acesso em: 04 jun. 2016.

38 AMPLITUDE SOLUÇÕES ACÚSTICAS [homepage na Internet]. Disponível em: <http://www.amplitudeacustica.com.br/servicos/la-de-rocha/?gclid=CI-5nYr8k88CFYOakQod14cPAg>. Acesso em: 04 jun. 2016.

39 FIBERSEALS [homepage na Internet]. Disponível em: <http://www.fiberseals.com.br/feltros-e-mantas-de-la-de-vidro>. Acesso em: 04 jun. 2016.

40 CONTRACT [homepage na Internet]. Disponível em: <http://contract.net.br/la-de-vidro-isolamento-termico-e-acustico/>. Acesso em: 04 jun. 2016.

41 ARCHIPRODUCTS [homepage na Internet]. Disponível em: <http://www.archiproducts.com/pt/produtos/87427/painel-metalico-isotermico-para-cobertura-isogrek-h28-isometal.html>. Acesso em: 04 jun. 2016.

42 ARCHIPRODUCTS [homepage na Internet]. Disponível em: <http://www.archiproducts.com/pt/produtos/87427/painel-metalico-isotermico-para-cobertura-isogrek-h28-isometal.html>. Acesso em: 04 jun. 2016.

43 MOREIRA, Z. [homepage na Internet]. Disponível em: <http://zeniltonmeira.blogspot.com.br/2011/02/motores-de-ar-condicionadas-causa.html>. Acesso em: 04 jun. 2016.

44 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA – UFPR [homepage na Internet]. Disponível em: [http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TM374/NBR\\_16401-1\\_2008.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM374/NBR_16401-1_2008.pdf). Acesso em: 04 jun. 2016.

45 HABITISSIMO [homepage na Internet]. Disponível em: <https://projetos.habitissimo.com.br/projeto/projeto-e-exeucão-da-instalação-de-02-unidades-cassete-carrier>. Acesso em: 04 jun. 2016.

46 HABITISSIMO [homepage na Internet]. Disponível em: [https://fotos.habitissimo.com.br/foto/hi-wall-em-dormitorio\\_823518](https://fotos.habitissimo.com.br/foto/hi-wall-em-dormitorio_823518). Acesso em: 04 jun. 2016.

## OBRAS CONSULTADAS

PATOS DE MINAS. **Lei Complementar, 320**, 31/12/2008. Institui a revisão da lei de zoneamento, uso e ocupação dos terrenos e edificações no município de Patos de Minas. Sistema de Leis Municipais. 1ª EDIÇÃO, Câmara Municipal de Patos de Minas - MG, 31/12/2008.

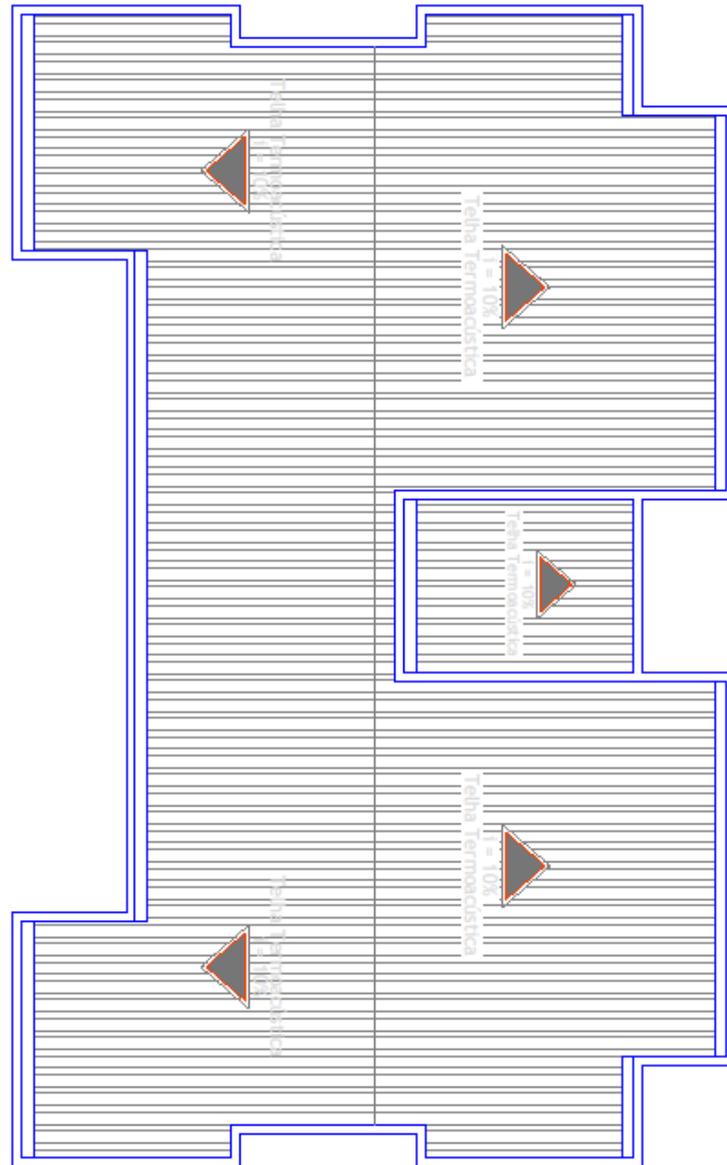
PATOS DE MINAS. **Lei Complementar, 379**, 24/01/2012. Institui o código de posturas do município de Patos de Minas. Sistema de Leis Municipais. 1ª EDIÇÃO, Câmara Municipal de Patos de Minas - MG, 24/01/2012.

PATOS DE MINAS. **Lei Complementar, 14**, 27/07/1992. Dispõe sobre o código de edificações do município de Patos de Minas. Sistema de Leis Municipais. 1ª EDIÇÃO, Câmara Municipal de Patos de Minas - MG, 27/07/1992.

PATOS DE MINAS. **Lei Complementar, 30**, 02/06/1995. Modifica parcialmente a lei complementar nº 14/92, que dispõe sobre o código de edificações do município de Patos de Minas. Sistema de Leis Municipais. 1ª EDIÇÃO, Câmara Municipal de Patos de Minas - MG, 02/06/1995.

## ANEXOS

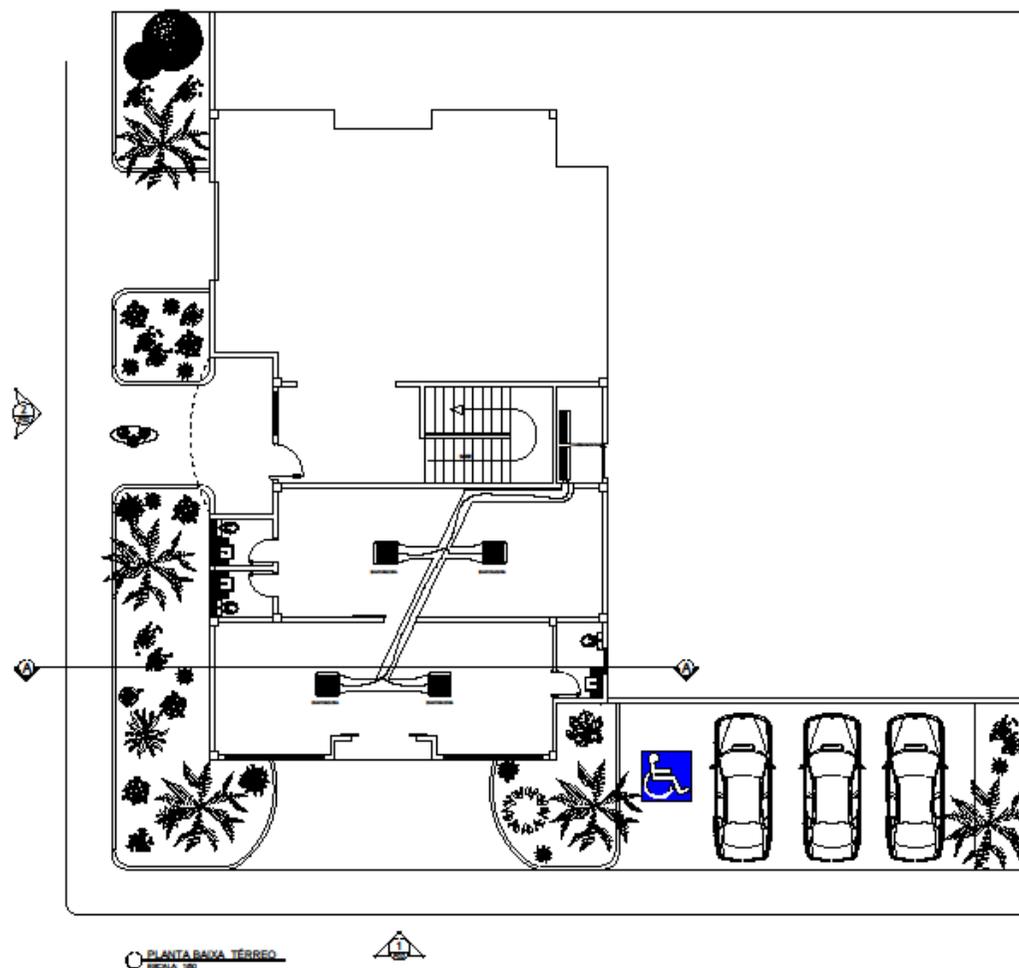
## ANEXO A – PLANTA DE COBERTURA



PLANTA COBERTURA  
ESCALA: 1:200

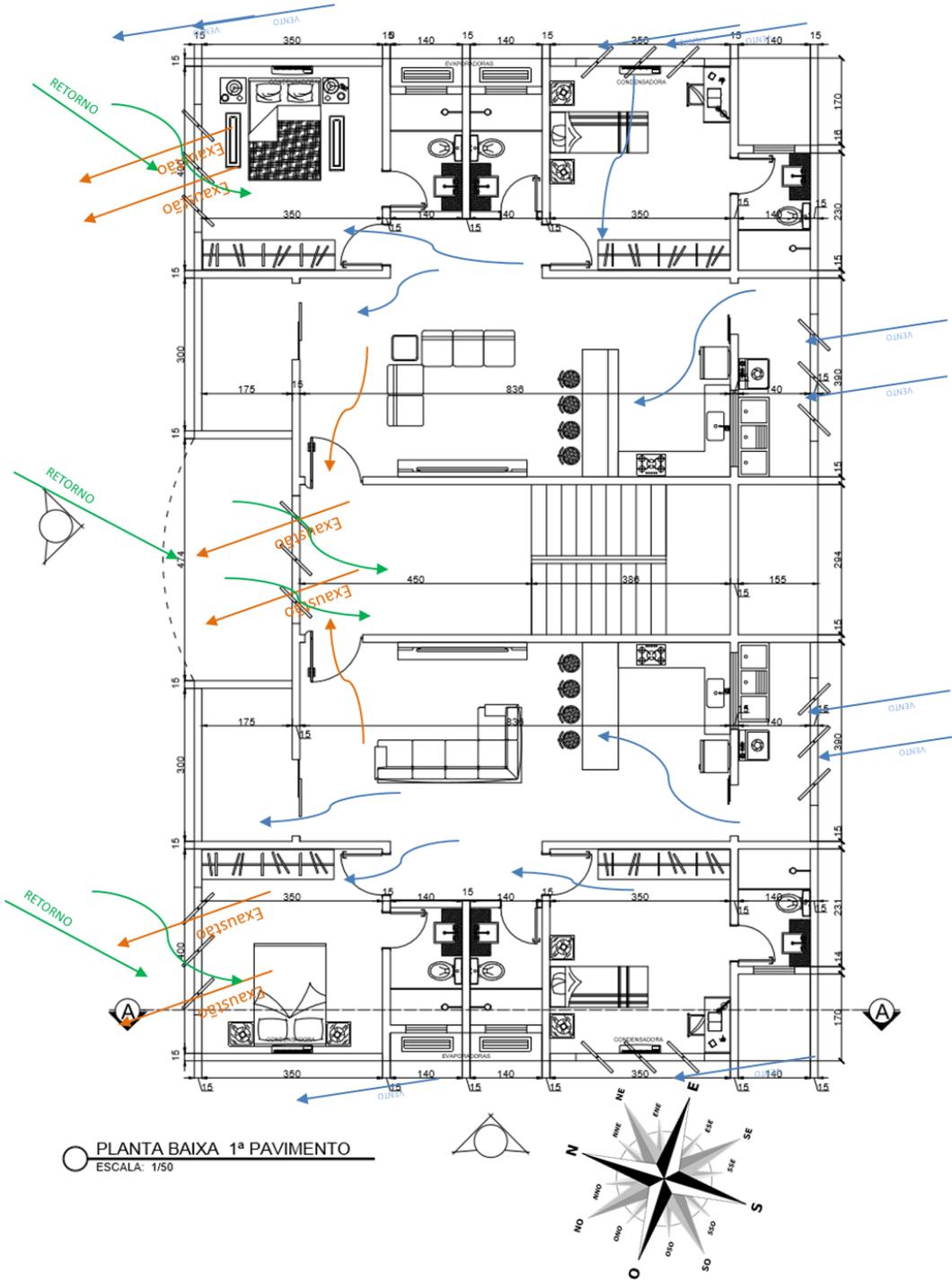
<sup>1</sup> PROJETO: Weverson Custódio Santos Rodrigues, Kelli Mirian Gonçalves Silva e Raphael Augusto Borges de Almeida. Imagem reduzida.

## ANEXO B – PLANTA BAIXA PAVIMENTO TÉRREO



2

### ANEXO C – CIRCULAÇÃO DE AR NO 2º E 3º PAVIMENTOS



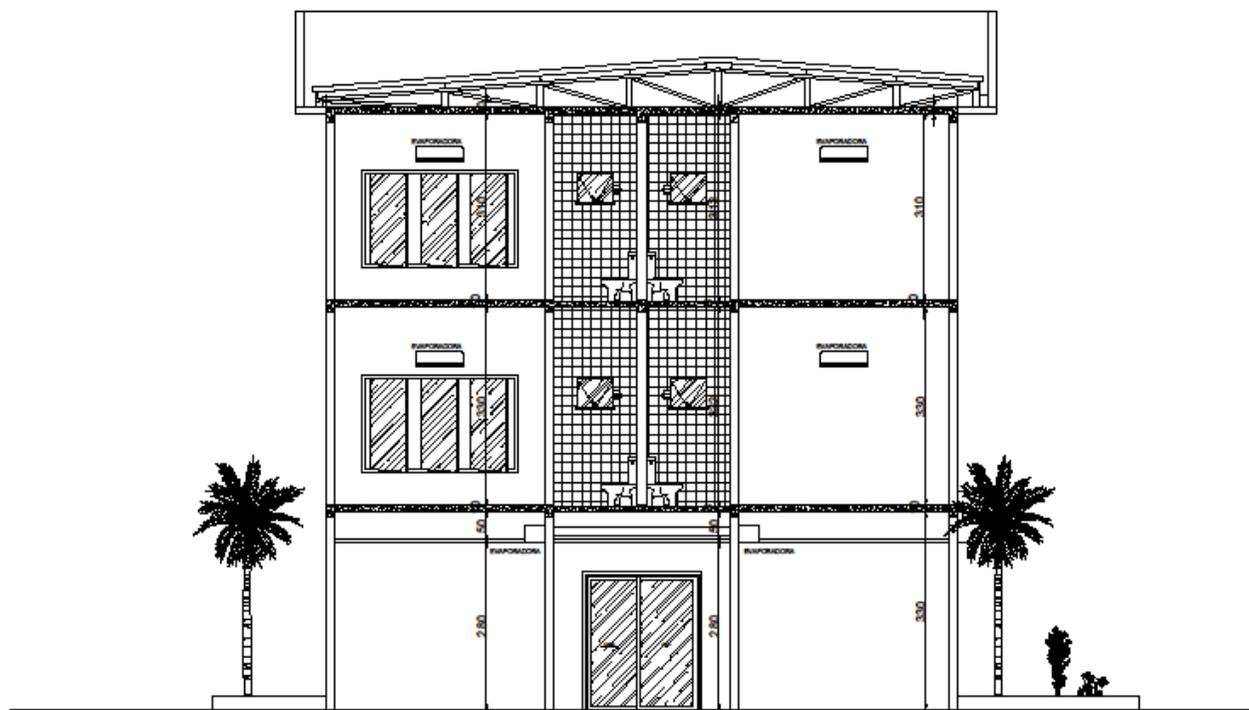
○ PLANTA BAIXA 1º PAVIMENTO  
ESCALA: 1/50

#### LEGENDA

- Circulação de ar → (blue arrow)
- Exaustão → (orange arrow)
- Retorno → (green arrow)

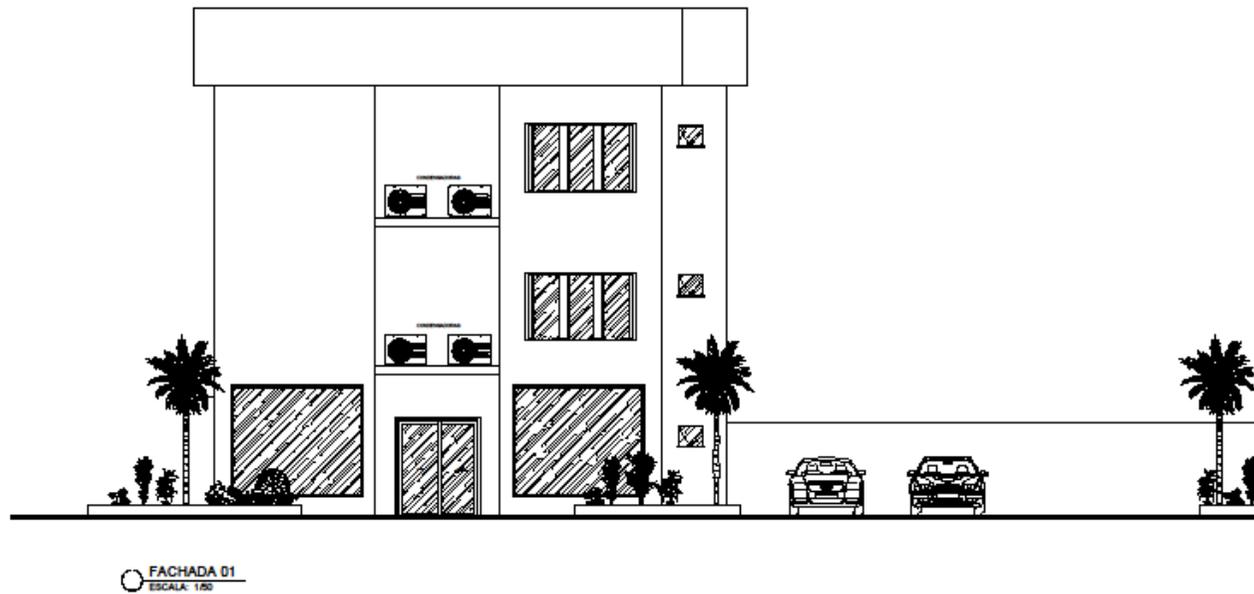
<sup>3</sup> PROJETO: Weverson Custódio Santos Rodrigues, Kelli Mirian Gonçalves Silva e Raphael Augusto Borges de Almeida. Imagem reduzida.

## ANEXO D – CORTE AA

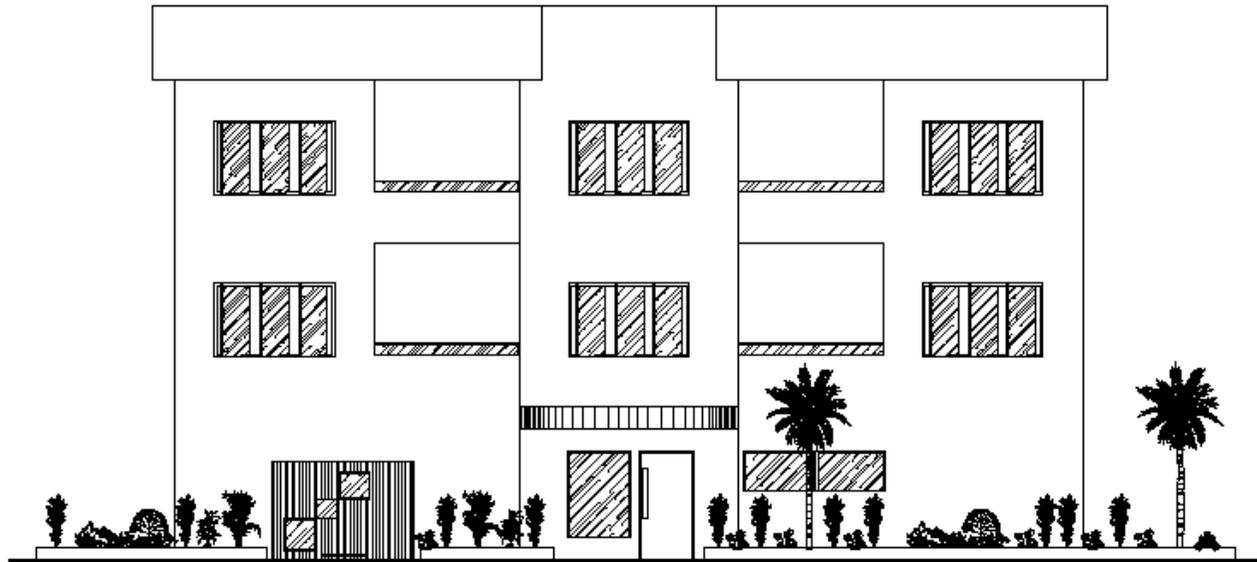


CORTE AA  
ESCALA: 1/50

## ANEXO E – FACHADA 01



## ANEXO F – FACHADA 02



FACHADA 02  
ESCALA: 1/50

**ANEXO G – FACHADA 01 (ELEMENTOS DECORATIVOS IMPEDEM A VISUALIZAÇÃO DAS CONDENSADORAS)**