



Trabalho Final de Graduação - Arquitetura e Urbanismo
Universidade do Grande Rio - UNIG

ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

ANÁLISE DA RELAÇÃO COM O CONFORTO TÉRMICO E A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Nathaly Stepple de Oliveira
Orientador: Maurício Costa
Duque de Caxias, 2020



Universidade do Grande Rio - UNIGRANRIO

Arquitetura e Urbanismo - AU

ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

ANÁLISE DA RELAÇÃO COM O CONFORTO TÉRMICO E A
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Nathaly Oliveira

Professor Orientador FTFG: Filipe Ungaro Marino

Professor Orientador TFG: Mauricio dos Santos Costa

Duque de Caxias

Dezembro de 2020

Universidade do Grande Rio - UNIGRANRIO

Arquitetura e Urbanismo - AU

ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

ANÁLISE DA RELAÇÃO COM O CONFORTO TÉRMICO E A
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Nathaly Oliveira

Professor Orientador FTFG: Filipe Ungaro Marino

Professor Orientador TFG: Mauricio dos Santos Costa

Trabalho Final de Graduação apresentado ao Curso de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Grande Rio,
Unigranrio, em Duque de Caxias, como requisito parcial para a
obtenção do grau em Arquitetura e Urbanismo.

Duque de Caxias

Dezembro de 2020

ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA
ANÁLISE DA RELAÇÃO COM O CONFORTO TÉRMICO E A
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

BANCA EXAMINADORA:

MAURICIO DOS SANTOS COSTA
ORIENTADOR

FILIPPE UNGARO MARINO
SUPERVISOR

DENISE NASCIMENTO
CONVIDADO

Dedico este trabalho a
Deus, à minha família e aos
meus mestres e grandes
incentivadores, Mauricio
Costa e Rafael Tavares
(em memória)!

AGRADECIMENTOS

“Porque Dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente.”
(Romanos 11:36)

Neste momento de encerramento de um ciclo, onde uma importante etapa está sendo vencida, e agora com novas metas e uma grande expectativa do que está por vir, o maior de todos os sentimentos é a gratidão!

Primeiramente a Deus, meu Senhor, pois sem Ele nada disso seria possível. Em todo tempo Sua boa mão tem me sustentado e Sua palavra me guiado. Agradeço, também, a minha família, a minha base. Que sempre acreditou em mim, investindo tempo, cuidado e amor, se dedicando em estar ao meu lado dando completo apoio e insistindo em mim quando eu mesma queria desistir. Agradeço aos meus amigos que tornaram a caminhada mais leve, e às amizades que conquistei ao longo desses cinco anos de graduação. Agradeço aos meus queridos professores, que com seu amor pelo ensino, me ajudaram a iniciar o caminho da Arquitetura e Urbanismo, compartilhando seu conhecimento e experiências à cada aula, e me fazendo descobrir o quão incrível é a nossa profissão!

À todos vocês, o meu muito obrigada!

“

MAIS DO QUE CONSTRUIR...

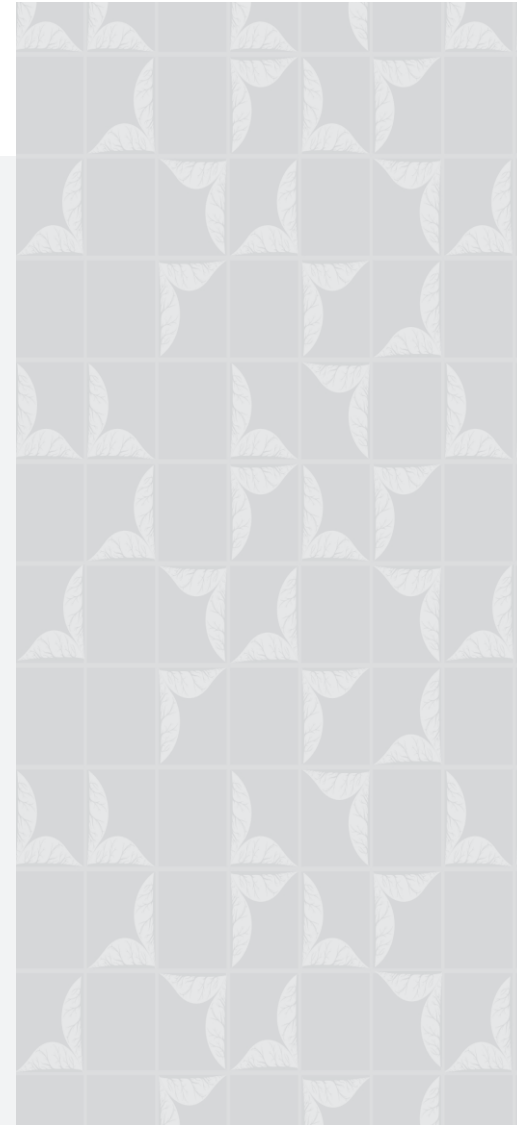
“A tarefa da arquitetura é fazer com que a
humanidade viva em harmonia com a terra.”

FREI OTTO

RESUMO

A crescente ocupação dos espaços urbanos vem ocasionando uma demanda cada vez maior sobre a construção civil. Esta que, por sua vez, criou um modelo padrão de edificação que vem sendo replicado sem levar em consideração as características geográficas locais. Como consequência há o consumo em massa de energia elétrica, sendo este um dos principais fatores geradores não só de problemas ambientais como também financeiros, fato que se revela na utilização de aparelhos eletrônicos que consomem grandes quantidades de energia elétrica. Neste cenário, a Arquitetura Bioclimática tem sua importância resgatada, com o intuito de estabelecer uma compreensão acerca das novas formas de conceber o projeto arquitetônico, entendendo a sua relação direta com o conforto térmico e a eficiência energética na edificação.

Palavras-chave: Arquitetura Bioclimática, Bioclimatismo, Construção Civil, Conforto Térmico, Eficiência Energética



1. Introdução.....	1		
1.1 Tema.....	2		
1.2 Particularidade do tema.....	2		
1.3 Requalificação de uma edificação.....	2		
2. Objetivos.....	3		
2.1 Objetivo principal.....	3		
2.2 Objetivos específicos.....	3		
3. Justificativa.....	4		
4. Problematização.....	5		
4.1 Teoria do queijo suíço.....	5		
4.2 Densidade demográfica.....	6		
4.3 Construção civil.....	8		
4.4 Fontes de energia.....	10		
5. Metodologia.....	14		
6. Localização.....	17		
7. Caracterização da edificação.....	19		
8. Caracterização das condições climáticas.....	20		
9. Estratégias propostas.....	21		
9.1 Estratégias bioclimáticas.....	21		
9.1.1 Layout.....	22		
9.1.2 Ventilação natural.....	23		
9.1.2.1 Ventilação zenital.....	25		
9.1.3 Sombreamento.....	26		
9.1.4 Isolamento térmico.....	29		
9.1.5 Jardim vertical.....	33		
10. Proposição final de intervenções.....	34		
11. Possíveis resultados a serem obtidos.....	47		
12. Conclusões finais.....	53		
13. Referências bibliográficas.....	54		

Buscar uma harmonização entre as condições geográficas do local no qual uma edificação será inserida é de extrema importância e eficácia para se obter um excelente desempenho térmico no interior do edifício, promovendo o conforto térmico necessário ao usuário, estando diretamente ligado ao seu bem-estar e qualidade de vida. O projeto idealizado através dos conceitos e princípios da Arquitetura Bioclimática vai utilizar materiais e técnicas passivas que irão proporcionar a adequação da edificação ao clima local.

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (1997), o arquiteto deve ter pleno conhecimento sobre as variáveis climáticas do local, e seu comportamento ao longo do ano, a fim de aplicar as estratégias corretas como resfriamento ou aquecimento passivo dos ambientes, além de fazer uso da luz natural, proporcionando o conforto ambiental - conjunto de condições ambientais que possibilitam bem-estar térmico, visual, acústico e antropométrico - ao usuário.

Uma edificação deve ser capaz de garantir o conforto ambiental ao usuário, correspondendo, de forma simultânea, às suas necessidades de bem-estar e à eficiência energética da edificação. Contudo, o que observamos é um crescente aumento da construção de um modelo padrão que não leva em

consideração as características já citadas anteriormente.

A crescente e acelerada ocupação dos espaços urbanos vem ocasionando uma demanda cada vez maior sobre a construção civil, esta que, por sua vez, buscando suprir as necessidades do mercado, se adapta à técnicas, como construção de alvenaria de uma vez, uso de pé direito mais baixo e refrigeração mecânica, que não propiciam as condições de conforto requeridas a um projeto termicamente eficiente.

Logo, a edificação que deveria ser um conjunto de soluções projetuais que, tanto envolvem aspectos estéticos, expressivos e simbólicos, quanto garantem condições de conforto aos ocupantes, geram ambientes desconfortáveis, ocasionando aos seus ocupantes uma busca pelo uso de aparatos eletrônicos como medida de solucionar, ou abrandar, a situação, onde, como consequência, há o aumento do consumo energético.

Portanto, cabe a nós quanto arquitetos e engenheiros, na fase inicial do projeto, compreender as variáveis de construção, considerando soluções que irão adequar a edificação às condições climáticas.

1.1 Tema

1.1.1 Tema geral

A Arquitetura Bioclimática

1.1.2 Tema específico

Estudo que demonstra um possível aplicação dos conceitos e estratégias da Arquitetura Bioclimática, em uma residência já construída, como solução para o conforto térmico e eficiência energética.

1.2 Particularidade do tema

O presente estudo se torna relevante por propiciar a conscientização à respeito da importância da adequação da edificação no meio ao qual está inserida, adotando para isso as estratégias passivas da Arquitetura Bioclimática, oferecendo conforto térmico ao usuário e, conseqüentemente, a redução do consumo energético.

1.3 Requalificação de uma edificação

A requalificação de edifícios, ou retrofit, é caracterizado por um tipo de reforma que visa renovar e adaptar as edificações, mantendo as características intrínsecas do local.

Dentre os benefícios adquiridos com o uso desta prática, estão entre eles, a diminuição dos gastos com energia, o atendimento às normas de desempenho e a eficiência do ambiente já construído.

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a importância da aplicação de estratégias bioclimáticas em uma edificação já existente.

2.2 Objetivos Específicos

- Compreender as características climáticas locais;
- Definir estratégias passivas adequadas;
- Atender as necessidades de conforto térmico.

3. JUSTIFICATIVA

Com o Brasil ocupando a sexta posição dos países mais populosos do mundo, estimando a marca de 211 milhões de habitantes, segundo o relatório mais recente divulgado pela Organização das Nações Unidas (ONU), e estando em constante e rápido crescimento populacional, o que sobrecarrega o ambiente, explorando, de forma desenfreada, os recursos naturais para atender a demanda de consumo, se torna evidente a importância o uso da Arquitetura Bioclimática nas construções.

Segundo a arquiteta Dominique Gauzin-Müller, as edificações tendem a consumir cerca de 50% dos recursos naturais, 40% da energia elétrica e 16% da água, além de não oferecem o conforto ambiental necessário para o bem-estar do usuário.

Diante dos fatos apresentados, e tendo em vista minha formação como arquiteta e urbanista, desejando a especialização em Engenharia Civil, e, sobretudo, como vítima enquanto que participante da parte da porção que propicia a degradação ambiental, me vejo na obrigação de conscientizar tanto os profissionais do ramo da construção civil quanto a sociedade em si sobre a essencialidade do conhecimento e

prática das técnicas referentes à Arquitetura Bioclimática, visando a diminuição do consumo energético.

À cada dia torna-se mais importante se ter noção da região na qual será construída a edificação, apresentando métodos inteligentes e ecologicamente eficientes que conjugue a construção arquitetônica ao condicionamento natural, com uma harmonização do ambiente interno ao externo, para que obtenham um melhor desempenho utilizando os fatores locais de forma específica.

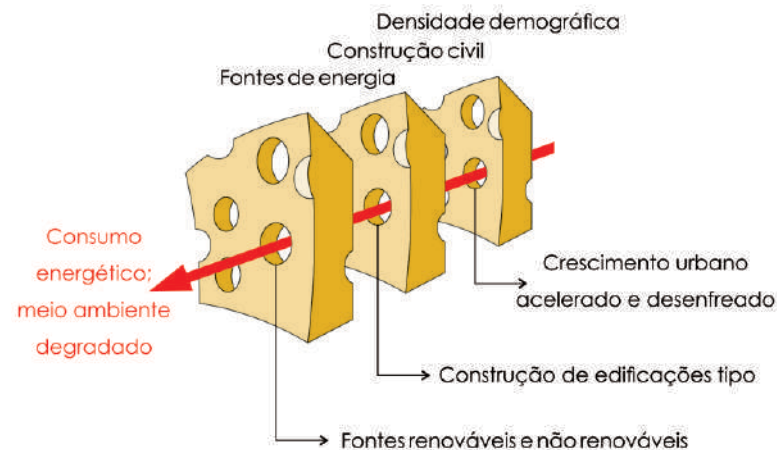
De fato, é necessário, quase que obrigatório, haver um processo intenso de mudança quanto à forma de viver e ver o mundo, permitindo que o meio ambiente faça parte do nosso dia-a-dia de forma positiva. A Arquitetura Bioclimática vem na busca de realizar essa inclusão das edificações e do ser humano à natureza, com alterações quanto à criação e execução dos espaços a serem habitados, mudando toda a produção da indústria civil.

4. PROBLEMATIZAÇÃO

4.1 Teoria do Queijo Suíço

Para uma melhor compreensão das problemáticas apresentadas a seguir, vamos levar em consideração a Teoria do Queijo Suíço. O modelo proposto por James Reason¹, na década de 90, é utilizado para análise de erros, explicando o porquê de falhas, acidentes e desastres acontecerem em sistemas. Nesta estrutura, representada através da forma de um queijo suíço, Reason, explica que cada elemento de um sistema representa uma fatia do queijo, entretanto, tais fatias não são perfeitas, apresentando falhas e deficiências, ou seja, os buracos. Caso esses buracos se alinhem, teremos um desastre.

Figura 1. Representação da Teoria do Queijo Suíço com base nas problemáticas em estudo



Fonte: Desenvolvida pela autora

Agora, com base na teoria, vamos para as problemáticas:

4.2 Densidade Demográfica

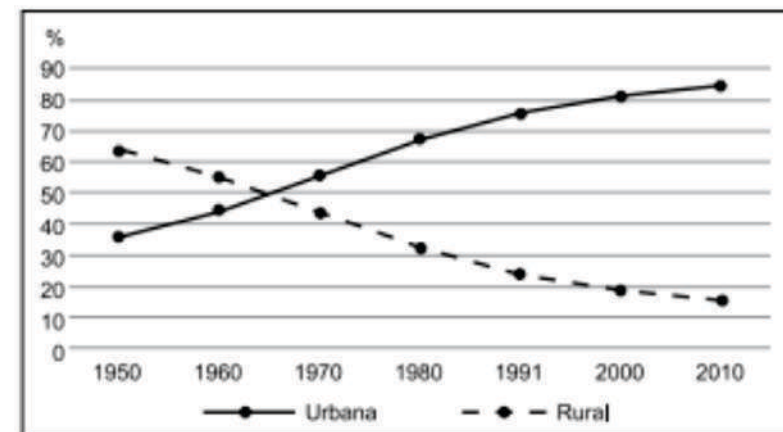
Revolução Industrial e explosão demográfica

A atual relação da construção civil com o meio ambiente começou, principalmente, com a Revolução Industrial, um período de grande desenvolvimento tecnológico, com o surgimento de fábricas e a consolidação de um mercado capitalista. A urbanização se tornou uma das principais consequências deste momento, sendo a partir da década de 1950, esse processo cada vez mais acelerado no Brasil, sobretudo com a “política desenvolvimentista”¹ do governo Juscelino Kubitschek, como afirma o professor de Geografia, Ângelo Tiago de Miranda.

¹ A época do desenvolvimentismo é um período de grandes investimentos em transportes, produção de energia e indústrias de base para proporcionar o crescimento econômico capitalista no Brasil.

Toda a mudança ocasionada no cenário econômico surtiu efeito sobre o cenário populacional, pois, em busca de uma qualidade de vida melhor e de ofertas de emprego, houve o que hoje conhecemos como exôdo rural, onde a população das áreas rurais realiza o processo de imigração para as áreas urbanas.

Gráfico 1. Brasil: População Rural e Urbana (em %)

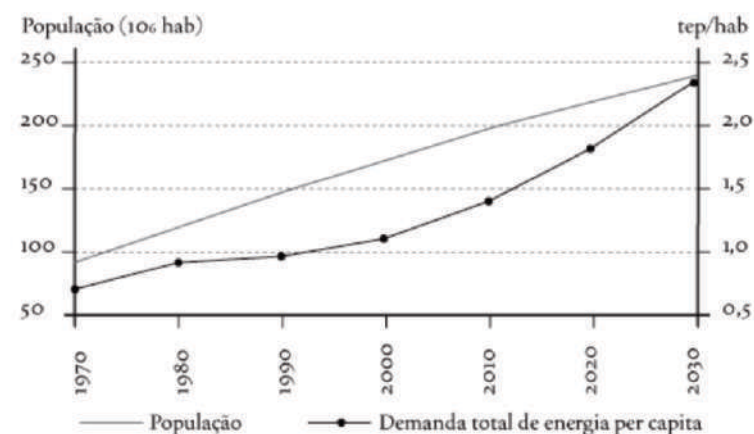


Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE).

Todo esse processo de modernização e urbanização fez com as cidades passassem a abrigar um número cada vez maior de pessoas, estas impulsionadas pelo desejo de progresso propiciado pelo consumo de produtos, serviços e bens, sobretudo daqueles que demandam de energia em suas variadas formas.

O crescimento acelerado, e muitas vezes desordenado, dos centros urbanos, que atingiu muitas cidades que não estavam preparadas para atender às necessidades básicas dos migrantes, gerou uma série de questões sociais e, principalmente, ambientais. Além da sobrecarga na construção civil, podem-se destacar problemas como, o desemprego, a criminalidade e a poluição e degradação ambiental, sendo estes dois últimos, os pontos norteadores desse estudo.

Gráfico 2. Evolução do crescimento populacional e da demanda de energia per capita no Brasil



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE)².

² Empresa pública federal, que tem por finalidade prestar serviços ao Ministério de Minas e Energia (MME) na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, cobrindo energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados e biocombustíveis.

4.3 Construção Civil

O crescimento econômico de um país depende diretamente do desenvolvimento de diversos setores, destacando-se o da construção civil, sendo este responsável por uma significativa parcela do Produto Interno Bruto (PIB) nacional.

Com a acelerada urbanização, e com a grande demanda por habitação ocasionada pelo processo transitório entre o meio rural para o meio urbano, a indústria da construção civil adotou um modelo, cada vez mais praticado no Brasil, que reflete em vários prejuízos ambientais em toda a sua cadeia de produção.

Este modelo, além de fazer uso da matéria-prima não renovável existente na natureza e realizar mudanças no solo e vegetação, se caracteriza por ser um formato padrão de edificação, sem realizar um estudo do local e sem levar em consideração as suas características geográficas. As construções, então, passam a não se

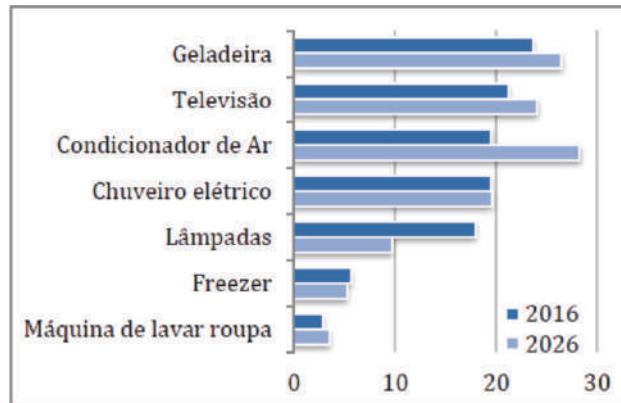
adequar ao meio em que estão inseridas, gerando tanto problemas para os ocupantes da edificação quanto ao meio ambiente.

Tabela 1. Posse média de equipamentos

Equipamento	2016	2021	2026
	unidades/100 domicílios		
Condicionador de ar	46	56	60
Geladeira	108	108	110
Freezer	18	17	15
Chuveiro elétrico	65	61	58
Máquina de lavar roupa	68	74	76
Televisão	181	183	186
Lâmpadas ⁽¹⁾	8,9	9,1	9,3

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Gráfico 3. Consumo de energia elétrica por equipamento



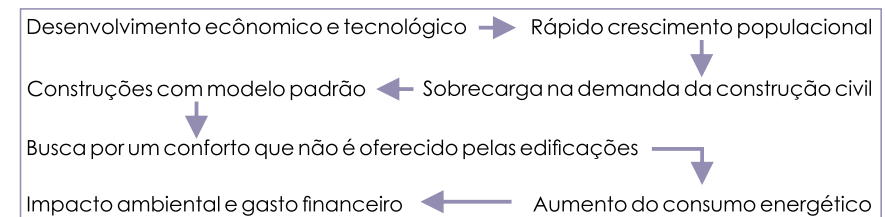
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

Na busca por solucionar, ou ao menos aliviar o desconforto ocasionado, os ocupantes das construções recorrem às soluções que, na maiorias das vezes, representam o uso de aparelhos eletrônicos (como podemos observar na tabela anterior), estes que por sua vez consomem em grande fartura a energia elétrica, revertendo em altos investimentos financeiros e sérios impactos ambientais.

A indústria da construção como setor de atividades

humanas que mais consome recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gera consideráveis impactos ambientais, conforme aponta a Conselho Internacional da Construção (CIB). Atualmente vivemos em uma espécie de cadeia de produção e consumo que refletem negativamente tanto na parte financeiro como no meio ambiente, como demonstra a representação abaixo.

Esquema 1. Exemplificação da cadeia produtiva e de consumo



Fonte: Desenvolvida pela autora.

4.4 Fontes de Energia

A questão das fontes de energia elétrica

O desenvolvimento socioeconômico está diretamente relacionado ao consumo da energia, estando os recursos energéticos como foco dos interesses estatais, ocasionando assim, disputas geopolíticas. Com a expansão do meio urbano-industrial, o desenvolvimento tecnológico, crescimento populacional e, conseqüentemente, a melhora no padrão de vida da sociedade, houve o aumento exponencial da demanda da energia elétrica.

À medida que uma sociedade amplia a importância da questão energética objetivando mostrar um crescente desenvolvimento, ela conquista conhecimento sobre as fontes de energia, gerando um maior controle sobre a natureza ao

extrair dela recursos que possibilitam satisfazer suas necessidades de consumo.

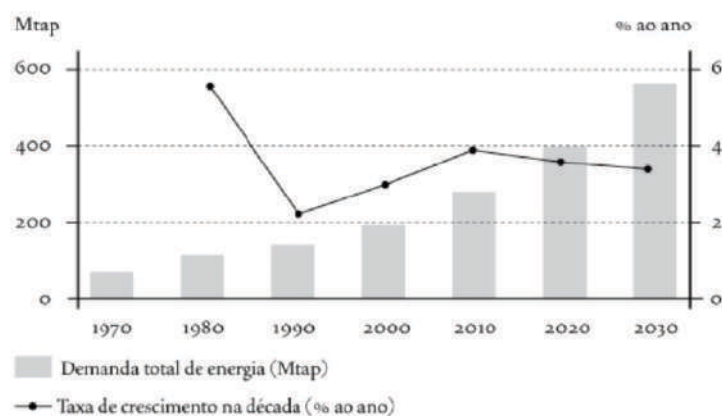
Com base na relação assumida entre a energia e o desenvolvimento, é possível perceber as diferenças existentes de consumo entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos, pois as fontes de energia são extremamente importantes para o desenvolvimento do país, onde países com maiores rendas, em geral, dispõem de maior poder de consumo energético. Sobre este aspecto, o Dr Donato Silva Filho, nos afirma:

Grandes diferenças existem entre o consumo de energia dos países pobres e dos países ricos. Para ilustrar estas diferenças de forma simples, a relação entre riqueza e consumo de energia pode ser estabelecida analisando-se a relação entre o “tamanho da economia” de um país e seu respectivo consumo de energia. (DONATO, 2003, p.10)³

³ Empresa pública federal, que tem por finalidade prestar serviços ao Ministério de Minas e Energia (MME) na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, cobrindo energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados e biocombustíveis.

Com essa análise relacional do desenvolvimento econômico-social e da questão energética, podemos perceber a crescente demanda do consumo de energia decorrente do modo de vida da população como um todo. Conforme demonstra o gráfico abaixo:

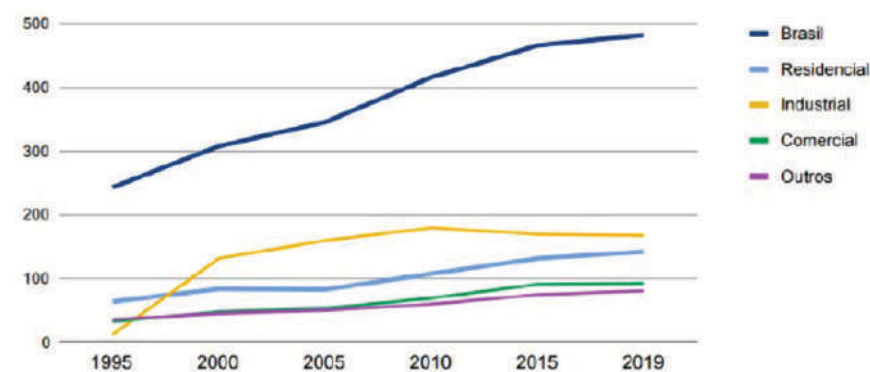
Gráfico 4. Evolução da demanda de consumo de energia e da taxa de crescimento econômico no Brasil - 1970 - 2030



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

No Brasil não poderia ser diferente: conforme o país foi se modernizando, o setor energético foi se desenvolvendo. Com a crescente demanda, mais de uma fonte de energia é utilizada, porém deve-se levar em conta os impactos ambientais e sociais gerados a curto, médio e longo prazo.

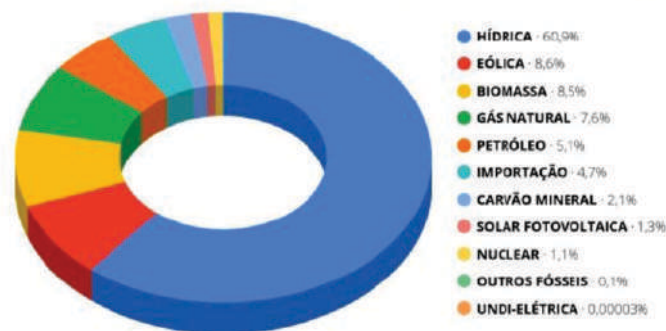
Gráfico 5. Consumo nacional de energia elétrica por classe



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE)

Cada fonte apresenta vantagens e desvantagens, podendo ser de origem renovável⁴ ou não renovável⁵. As principais fontes de energia do Brasil, atualmente, são: energia hidrelétrica, termoelétrica, eólica, nuclear e solar.

Gráfico 6. Matriz energética brasileira em 2019



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)⁶

Como observado no gráfico, a energia hidrelétrica⁷ é a principal dentro da matriz energética do Brasil, entretanto, mesmo se tratando de uma fonte renovável, e politicamente limpa⁸, possui uma grande desvantagem relacionada ao impacto ambiental, pois é necessário uma grande área de alagamento, ocasionando desmatamento e alterações na estrutura natural dos rios para sua construção.

Seguindo, a segunda mais utilizada é a eólica⁹ que, apesar de ser considerada mais limpa que a anterior, também apresenta desvantagens, tanto econômicas - é um equipamento caro de se manter, necessitar de 3 vezes mais a quantidade de geração para atingir à demanda e ser altamente dependente do clima - quanto ambientais, pois, além de

⁴ Fontes de energia renováveis: são os recursos utilizados para a produção de energia que estão disponíveis na natureza sem a possibilidade de acabar, ou seja, de se esgotar, sendo reabastecidos continuamente. Sua utilização e uso é renovável.

⁵ Fontes de energia não renováveis: são todos os recursos presentes na natureza em quantidade limitada, ou seja, aqueles que não se renovam.

⁶ Agência Nacional de Energia Elétrica, sua finalidade é regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, de acordo com a legislação e em conformidade com as diretrizes e as políticas do governo federal.

⁷ Utilizam a força da água para gerar energia elétrica. É construída uma barragem em um rio e a água é represada, formando um reservatório. Essa água é captada e então levada através de tubulações para a casa de força, onde ficam turbinas e geradores que, com a pressão da água, vão transformar seu movimento em energia elétrica.

⁸ Para uma fonte ser tida como limpa ela não pode afetar negativamente o meio ambiente, ou seja, quanto menor for o impacto ocasionado na natureza, mas limpa a fonte é considerada.

⁹ A fonte eólica funciona através de turbinas - uma espécie de catavento - que giram impulsionadas pelo potencial do vento. Acopladas a elas tem os geradores que, com o giro, geram campos eletromagnéticos que são convertidos em energia elétrica.

colocar pássaros em risco, também necessitam de uma grande área para sua construção.

A energia termoelétrica¹⁰ é de fonte não renovável - são alimentadas por combustíveis fósseis finitos ou derivados do petróleo -, além de gerar grande impacto ambiental, pois a queima dos combustíveis gera fumaça que polui o meio ambiente. Outra energia não renovável é a nuclear¹¹, por necessitar de material radioativo para a produção e este ser um recurso limitado. Sem contar nos altos riscos envolvido, já que no processo de quebra do núcleo do urânio, há a liberação de resíduos radioativos, logo, o lixo permanece radioativo por séculos, oferecendo assim riscos à população que vive próximo ao local e ao meio ambiente.

Nosso cotidiano é envolto pela energia elétrica, a indústria, os meios de transporte, as atividades comerciais e de

serviços, os equipamentos domésticos e pessoais, todos são movidos pela eletricidade, fazendo com que algumas pessoas achem habitual as comodidades fornecidas. Entretanto, em um cenário de aquecimento global e poluição ambiental, é de extrema necessidade compreender os fatores necessários no processo de geração de energia até que ela chegue em seu destino de consumo.

¹⁰ A energia termoelétrica é obtida através de usinas que operam através do aquecimento da água com combustíveis fósseis como carvão, gás natural e derivados do petróleo, é, então, produzido um vapor, cujas tubulações conduzem o fluxo até as turbinas fazendo com que elas girem. Tais turbinas são conectadas a geradores criando um campo eletromagnético, produzindo a energia elétrica.

¹¹ A energia nuclear é produzida em usinas que utilizam-se de elementos radioativos - urânio - para obter a energia. No processo de geração, o núcleo do átomo de urânio é fissurado liberando grande quantidade de calor (energia térmica), que aquece e transforma água em vapor, onde este é conduzido por tubulações e promove o movimento das turbinas que, por sua vez, movem um gerador de eletricidade.

A estrutura do presente trabalho baseou-se em uma contextualização da Arquitetura Bioclimática, sendo expostos os princípios defendidos pelo bioclimatismo e seus conceitos norteadores. Sendo realizada a apresentação das soluções bioclimáticas, das estratégias quanto à eficiência energética passiva, das fontes de energia utilizadas em campo nacional e dos parâmetros necessários para alcançar o conforto ambiental da edificação, objetivando a redução do impacto ao meio ambiente.

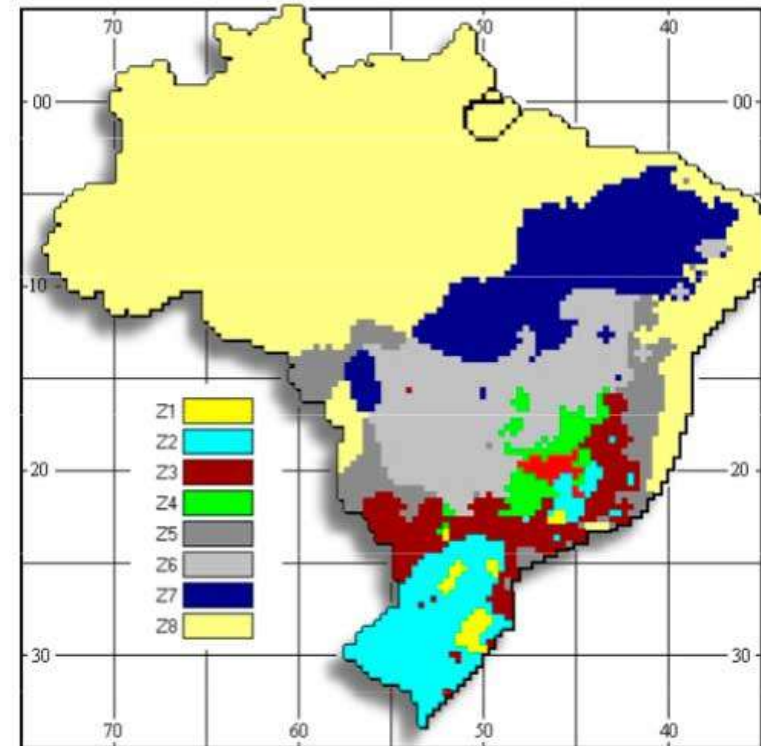
Após estruturado o cerne do tema, foram efetuadas pesquisas e levantamentos de informações, obtendo-se, através de gráficos, tabelas, mapas e artigos, dados retrospectivos e prospectivos referentes ao perfil de consumo da energia elétrica no Brasil - ou seja, o consumo elétrico segmentado pelas classes residencial, industrial, comercial e outros, a nível nacional e regional -, avaliando a matriz energética nacional, e compreendendo os impactos negativos ocasionados no meio ambiente devido ao acentuado consumo elétrico. As fontes consultadas foram a Empresa de Pesquisa

Energética, EPE, que é uma empresa pública federal, cuja finalidade é prestar serviços ao Ministério de Minas e Energia (MME), subsidiando o planejamento do setor energético; e a Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, uma autarquia vinculada ao MME, com sede no Distrito Federal, a qual sua função é regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, de acordo com a legislação e em conformidade com as diretrizes e as políticas do governo federal. Além destas fontes, foram obtidos, através da plataforma do Google Acadêmico, artigos e teses referentes à Arquitetura Bioclimática.

Com a constatação dos parâmetros citados anteriormente e por meio de uma análise das questões ambientais e dos conteúdos relacionados à energia elétrica, será realizado um estudo sobre uma edificação residencial já existente, com base nas recomendações bioclimáticas, adquiridas através do Zoneamento Bioclimático - com base em dados extraídos das normas de desempenho térmico, ABNT NBR 15220 e ABNT NBR 15575.

O objetivo do estudo é definir recomendações, orientações e diretrizes construtivas condicionantes para a concepção de uma arquitetura adaptada às características geográficas locais, contribuindo, assim, para o ensino, pesquisa e aplicações práticas, pretendendo-se a adequação às prescrições normativas de desempenho do conforto ambiental dos edifícios.

Figura 2. Mapa do Zoneamento Bioclimático Brasileiro¹²



Fonte: Bioclimatismo - Blog de Arquitetura Bioclimática

¹² Empresa pública federal, que tem por finalidade prestar serviços ao Ministério de Minas e Energia (MME) na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, cobrindo energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados e biocombustíveis.

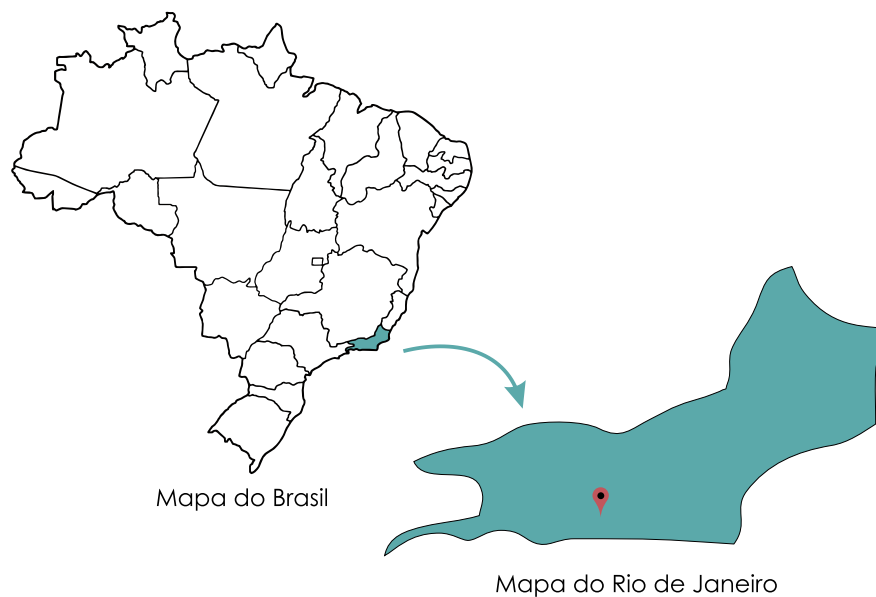
A
EDIFICA
ÇÃO
EM
ESTUDO



6. LOCALIZAÇÃO

A edificação (Figuras 4 e 5) que é o objeto de estudo deste trabalho está localizada na Zona Bioclimática 8, na cidade do Rio de Janeiro - RJ (Figura 3). A construção situa-se na rua Engenheiro Gonçalves Neves, número 147, no bairro Vila da Penha.

Figura 3. Localização da edificação



Mapa do Brasil

Mapa do Rio de Janeiro

Fonte: Desenvolvida pela autora

Figura 4. Fachada do terreno



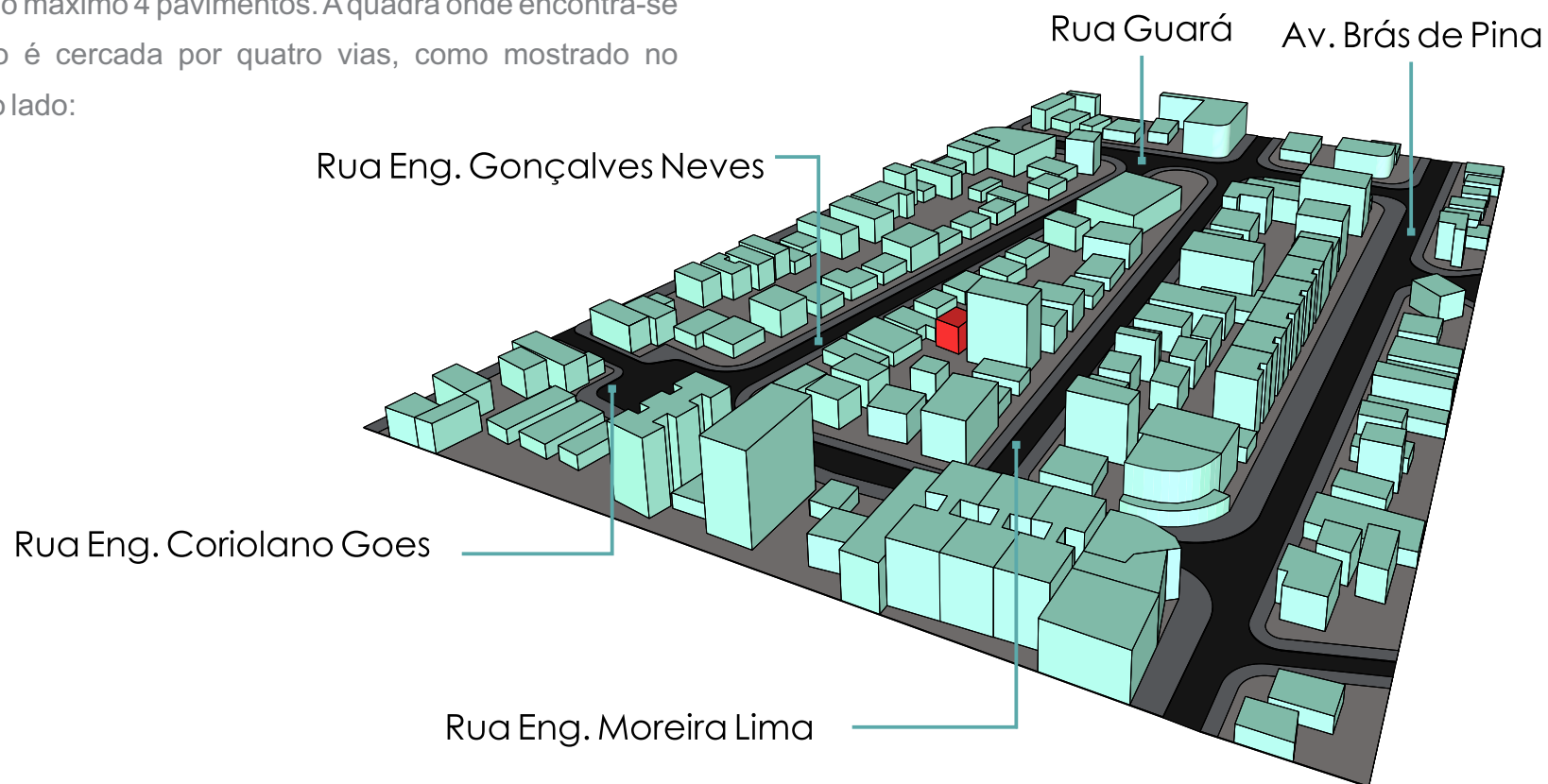
Figura 5. Residência em estudo selecionada



Fonte: Desenvolvida pela autora

As edificações que estão localizadas no entorno imediato se caracterizam, em sua grande parte, como residenciais, possuindo no máximo 4 pavimentos. A quadra onde encontra-se a edificação é cercada por quatro vias, como mostrado no diagrama ao lado:

Figura 6. Diagrama de gabarito



Fonte: Desenvolvida pela autora

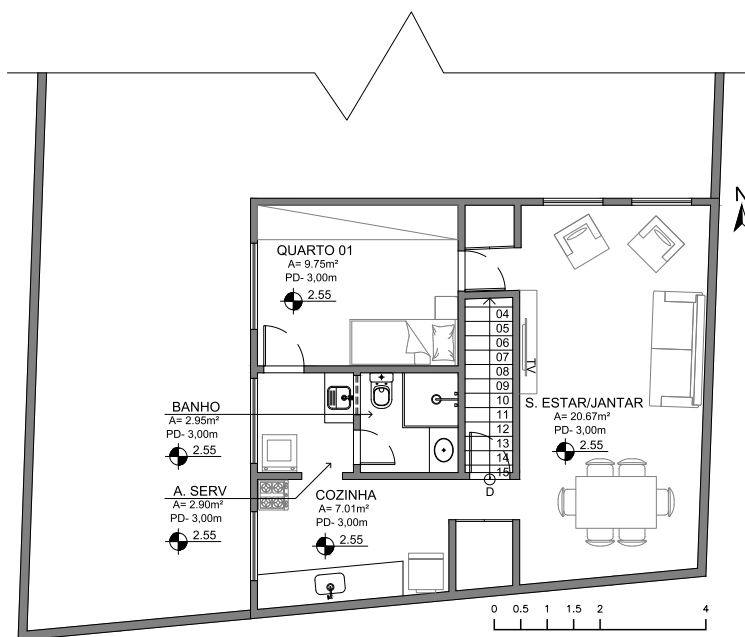
7. CARACTERIZAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

O lote onde se situa a edificação possui uma área de 301,20m², sendo cercado por duas edificações residenciais de um pavimento. O acesso é feito pela Rua Engenheiro Gonçalves Neves.

No terreno há duas edificações, sendo o objeto de estudo a casa dos fundos, que está sobre a garagem, com acesso por uma escada central.

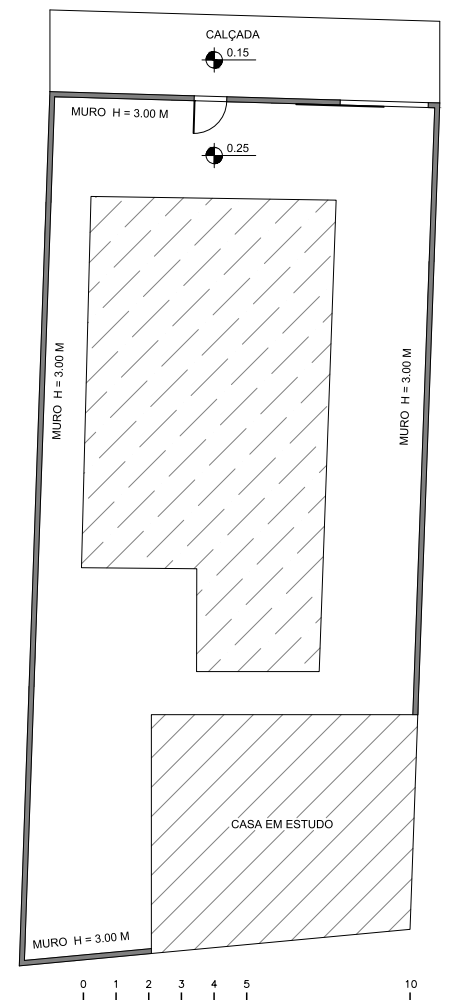
A edificação ocupa um área 55,75m² de no lote, possuindo 1 pavimento que conta com sala, cozinha, área de serviço, banheiro e 1 quarto.

Planta baixa



Fonte: Desenvolvida pela autora

Planta de implantação

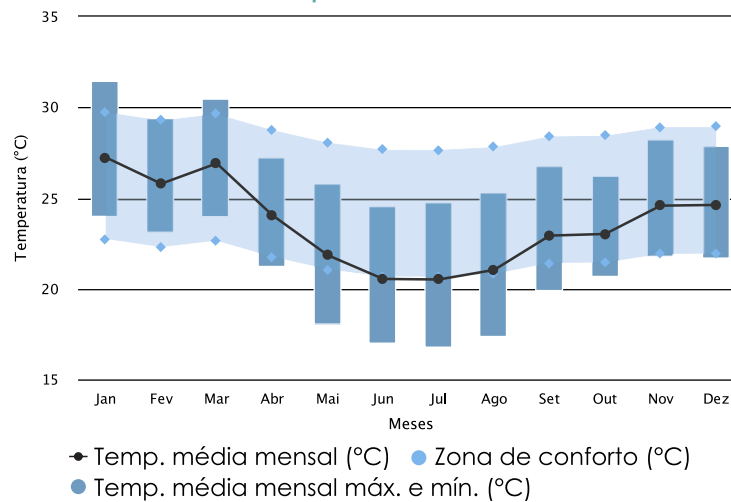


Fonte: Desenvolvida pela autora

8. CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

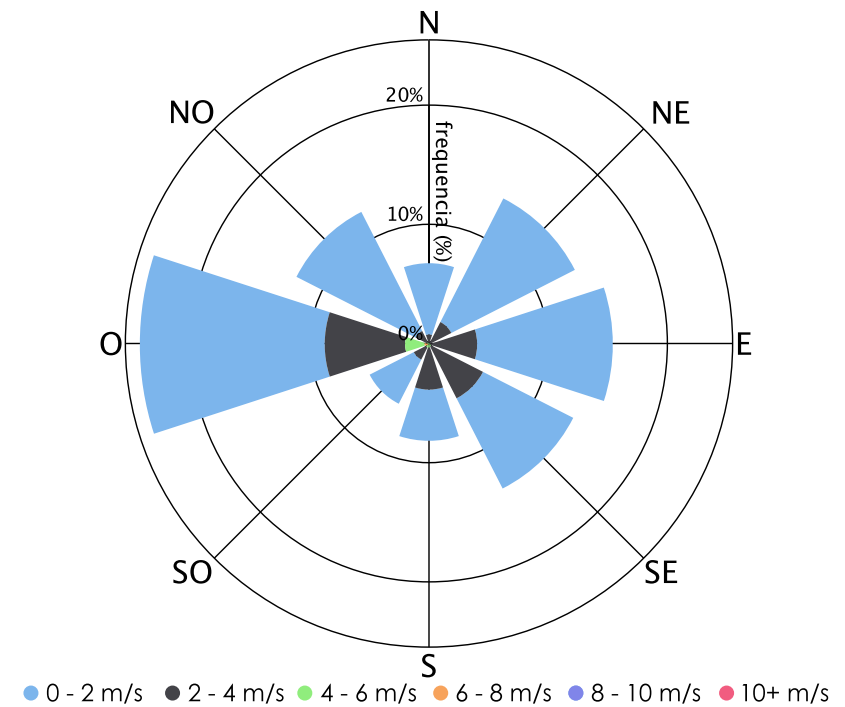
A cidade do Rio de Janeiro encontra-se a 22°54'23" de latitude sul e 43°10'21" longitude oeste. Caracteriza-se com clima tropical, quente e úmido, com uma temperatura média anual 24°C. Os ventos predominam no sentido Oeste - Leste.

Gráfico 7. Temperatura e Zona de Conforto



Fonte: Projeteee – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes

Gráfico 8. Rosa dos Ventos



Fonte: Sol-Ar

9.1 Estratégias Bioclimáticas

Caracterizada por ser o tipo de construção mais coerente com a natureza local, a arquitetura bioclimática utiliza técnicas de construção simples e racionais que compreende o aproveitamento das condições da natureza que são favoráveis para o condicionamento ambiental, proporcionando o conforto térmico de uma edificação. Seu objetivo é minimizar os impactos causados devido a interferência no meio ambiente, obtendo um equilíbrio entre o local e o ambiente construído.

Utilizando de estratégias passivas, ou seja, as que consideram as condições climáticas do local e proporcionam uma melhor adequação do edifício ao meio que está inserido, a arquitetura bioclimática proporciona a concepção de uma edificação que está mais próxima de atingir as condições de conforto, ou ao menos diminuir o consumo de energia para suprir tal necessidade. (GONÇALVES, Graça, 2009)

Para saber quais estratégias bioclimáticas utilizar, primeiro é necessário considerar algumas características, tais como: a função do edifício e seu modo de ocupação, e a especificidade climática local. Quando as estratégias são aplicadas de forma correta, produzem o conforto térmico, contribuindo para o bem-estar do usuário, e a redução do consumo energético.

Na edificação em estudo será aplicado as estratégias de ventilação natural, sombreamento, isolamento térmico, jardim vertical e layout.

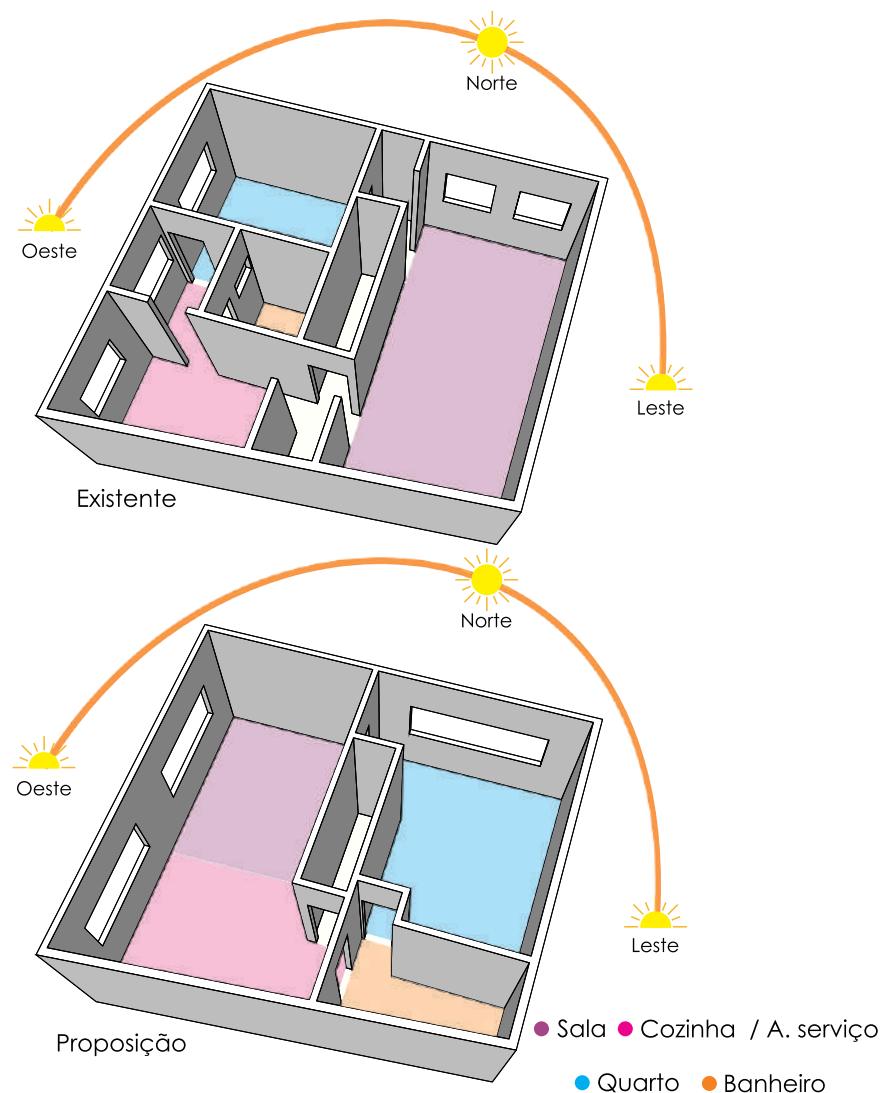
9.1.1 Layout

Subestimar, ou até mesmo negligenciar, a influência do sol sobre o projeto arquitetônico é perigoso, pois a incidência solar na edificação contribui em grande parte para o aquecimento no seu interior, gerando a necessidade de se utilizar aparatos eletrônicos para sanar o desconforto térmico gerado (no caso de cidades quentes como o Rio de Janeiro).

De uma forma geral, para as cidades que ficam no hemisfério sul, o ideal é, dentro do possível, os quartos estarem posicionados na face leste, onde recebe incidência solar da manhã, que é a mais leve.

Neste estudo, foi proposto a alteração do layout, pois, hoje, o quarto está voltado para a face norte e oeste, propiciando o aquecimento de sua envoltória, e o uso de condicionador de ar elétrico para ser possível obter o resfriamento do ambiente em seu momento de uso.

Esquema 2. Mudança do layout da edificação



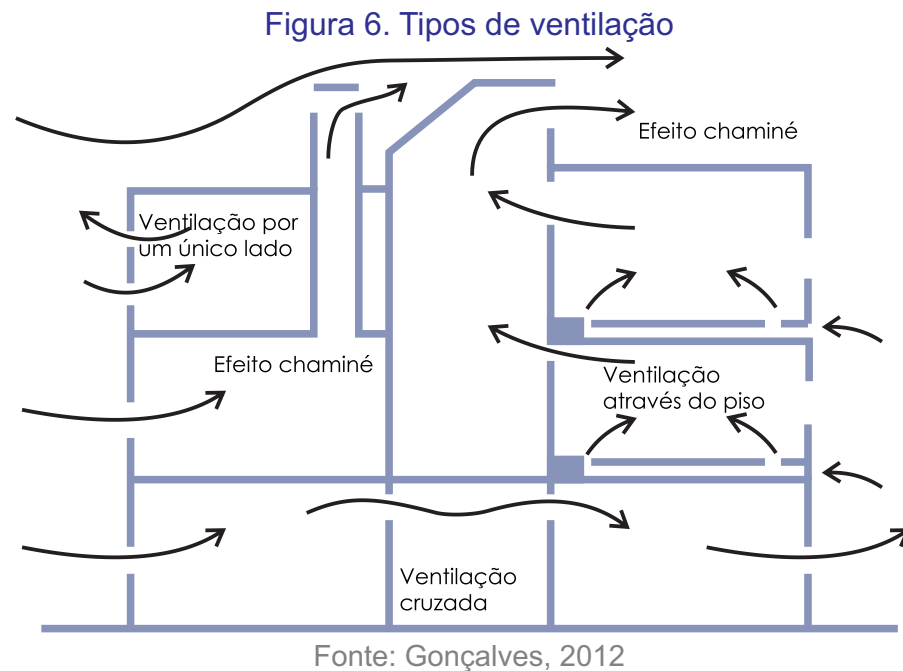
9.1.2 Ventilação natural

O deslocamento de ar, utilizando energia limpa e renovável, pelo edifício através de aberturas colocadas de forma intencional, é considerada como ventilação natural e é fundamental no processo de troca de calor e renovação do ar, além de contribuir para a diminuição da temperatura no interior da edificação. De acordo com Frota e Schiffer (2007), essas aberturas devem ser dimensionadas e estarem posicionadas de modo a facilitar o fluxo de ar adequado ao ambiente.

Em cidades com climas quentes, proporciona a melhora no desempenho térmico da edificação, e é apontada como a estratégia bioclimática passiva mais eficiente para a obtenção de conforto térmico, conforme afirma Bittencourt e Cândido (2005). A velocidade do ar acelera as trocas de calor ao redor de um corpo.

A ventilação natural ocorre por meio de dois mecanismos: através da ação dos ventos, promovendo a movimentação do ar entre os ambientes, e por efeito chaminé,

onde a movimentação do ar acontece por causa da diferença de densidade do ar em função do gradiente vertical de temperatura. (FROTA; SCHIFFER, 2007)



Para a edificação em estudo foi levado em consideração sua posição no terreno, buscando o máximo de aproveitamento dos ventos predominantes vindos do oeste (Gráfico 8). Além de ser realizado o cálculo do m^2 necessário para cada vão com base no m^2 de seu respectivo compartimento, como mostra a tabela abaixo:

Tabela 2. Cálculo vão de ventilação

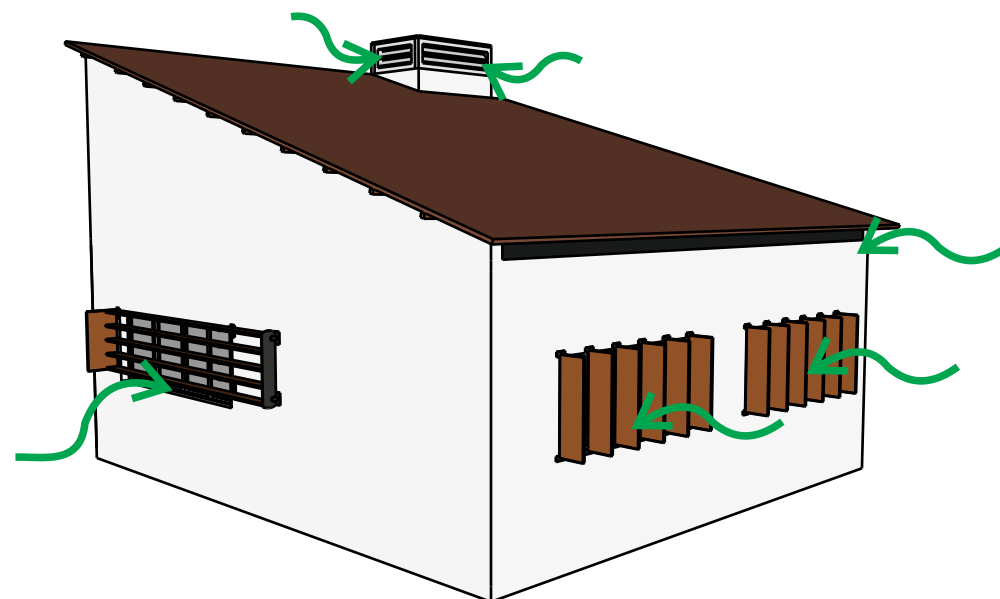
	COMPARTIMENTO	M ²	VÃO VENTILAÇÃO			
			A	L	M ²	M ² MÍNIMA
EXISTENTE	SALA	20,67	1,00	2,08	2,08	3,45
	QUARTO	9,75	1,00	1,50	1,50	1,63
	COZINHA	7,01	1,00	1,20	1,20	0,88
	A. SERVIÇO	2,90	1,00	1,48	1,48	0,36
	BANHEIRO	2,95	1,00	0,69	0,69	0,37
PROPOSTÃO	SALA	11,73	1,00	2,20	2,20	4,40
	COZINHA / A. SERVIÇO	12,83	1,00	2,20	2,20	
	QUARTO	16,18	1,00	2,90	2,90	2,70
	BANHEIRO	4,53	0,58	4,54	4,54	0,57

Conforme foi visto, na edificação com a configuração existente, os vãos de ventilação da sala e do quarto não atendem ao mínimo necessário, o que gera uma maior sensação de calor no ambiente, devido a falta da troca de ar.

Depois, de ter em vista as condições apresentadas, foi

pensado nos seguintes meios de ventilação: esquadrias para a sala de estar, cozinha e quarto, ventilação zenital para o banheiro e ventilação cruzada na cobertura.

Figura 8. Representação dos vãos de ventilação



9.1.2.1 Ventilação zenital

Através de uma abertura vertical no banheiro, que segue até acima do telhado, onde através de venezianas o ar pode circular pelo ambiente, e através do tampo de vidro, há a entrada de luz natural.

Figura 9. Ventilação zenital



Figura 10. Veneziana em alumínio

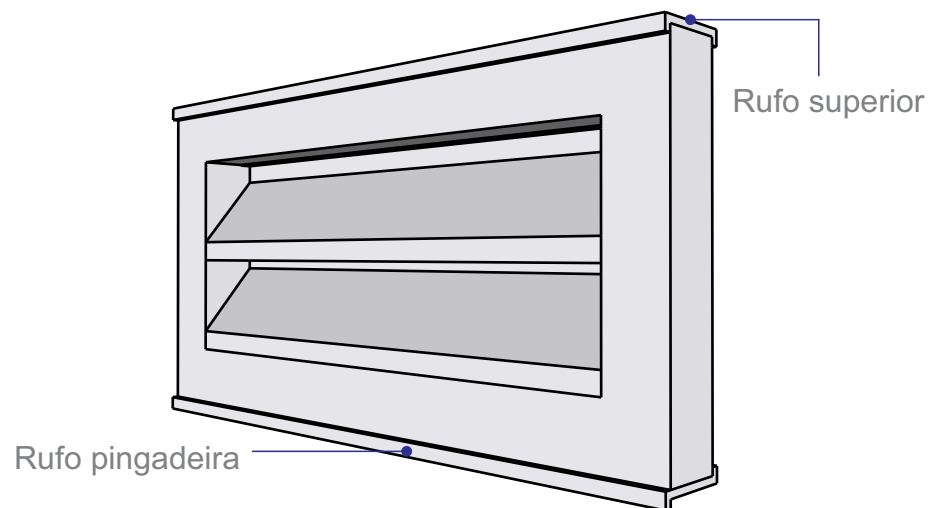
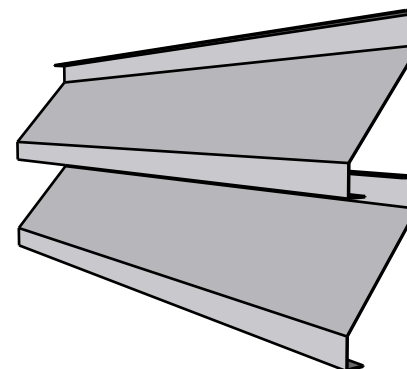


Figura 11. Aletas que compõem as venezianas, também em alumínio



9.1.3 Sombreamento

A radiação solar é um dos principais fatores para o ganho de calor no interior da edificação, e assim o aumento da temperatura dentro do ambiente construído, sendo essa a principal causa para o desconforto térmico em um país de clima tropical. A proteção solar à incidência direta é uma estratégia eficaz para controlar a radiação solar na superfície da edificação, enquanto contribui, para uma melhor distribuição da luz no interior do ambiente.

Os elementos de proteção podem se dar na forma de elementos de construção conhecidos, como beirais, marquises prolongadas, elementos vazados, brises, pergolados, entre outros. (RIBEIRO, 2008)

O *brise-soleil* é um elemento arquitetônico que visa sombrear, minimizando, assim, a incidência solar direta sobre o interior da edificação. Dessa forma, os problemas como o ganho de calor e o superaquecimento são evitados, reduzindo o uso de

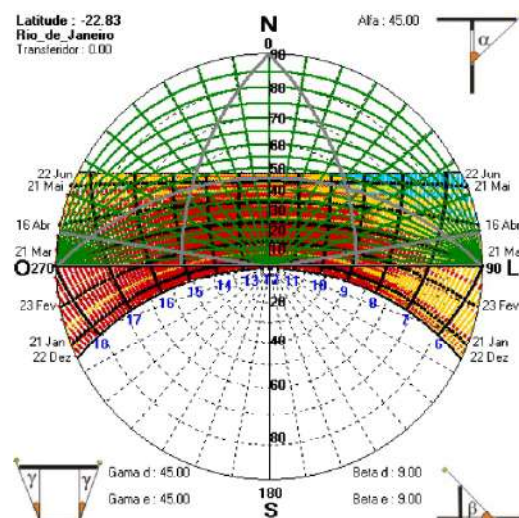
estratégias ativas e mecânicas de condicionamento (SILVA, 2007)

Com base nessas informações, e após o novo layout, é feita a proposição do uso de brises nas fachadas norte e oeste da edificação - fachadas com incidência solar mais crítica - objetivando minimizar a incidência solar direta.

O dimensionamento do *brise-soleil* foi realizado com o auxílio do software Sol-Ar, e com base na carta solar do Rio de Janeiro. Também conhecida como diagrama solar, ela é uma representação, de forma gráfica, do percurso do sol em períodos específicos do dia e do ano. A carta solar é diferenciada através da latitude, sendo considerado o percurso aparente do sol ao se deslocar numa trajetória elíptica ao redor da terra. (SILVA, 2007)

Para a proposição, levou-se em consideração o dia 23 de fevereiro, do período de 9h às 15h para o brise horizontal, e a partir das 13h para o brise vertical.

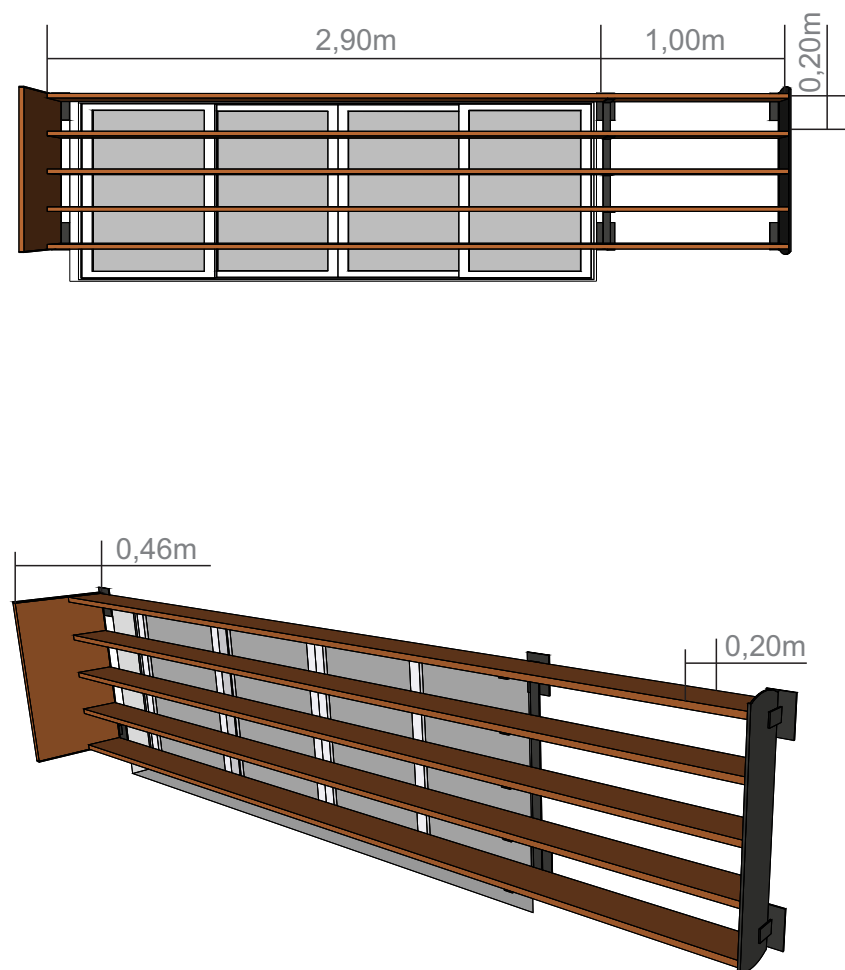
Carta solar 1. Fachada norte



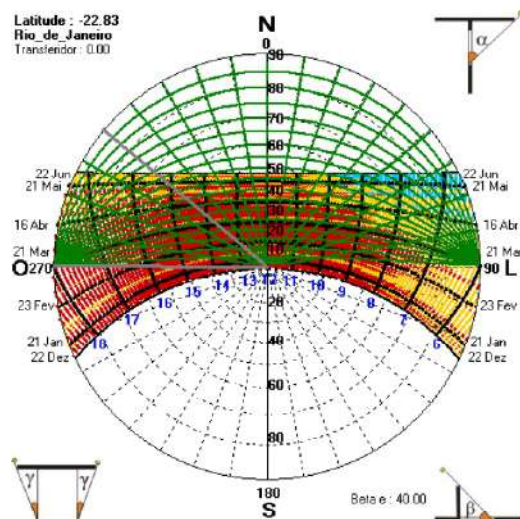
Para o brise da fachada norte, levando em consideração o dia 23 de fevereiro, das 9h às 15h, definiu-se o ângulo $\alpha=45^\circ$, $\gamma=45^\circ$ e $\beta=9^\circ$, todos ângulos internos. Para o caso desse estudo, foi necessário considerar também o ângulo β para projetar um brise vertical, tornando este um brise-soleil misto.

Após realizado o dimensionamento, foram propostos cinco brises horizontais de 20 cm de largura e 3,90 m de comprimento, e um brise vertical de 46 cm de largura e 83,5 cm de altura

Figura 12. Representações do brise-soleil misto



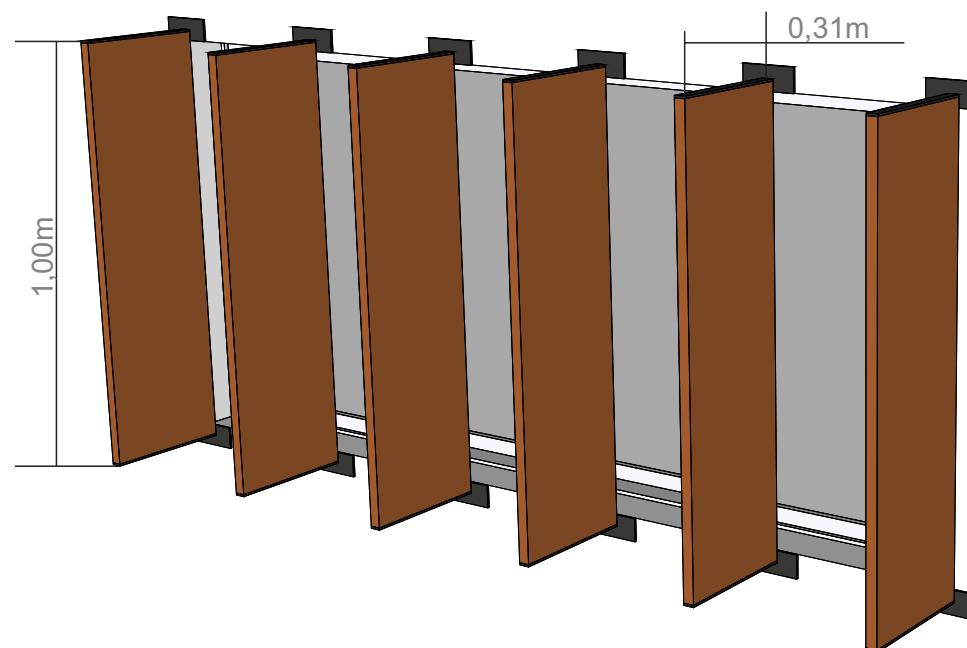
Carta solar 1. Fachada oeste



Já para o brise da fachada oeste, levando em consideração o dia 23 de fevereiro, a partir de 13h, definiu-se o ângulo $\beta=40^\circ$, também ângulo interno.

Após realizado o dimensionamento, foram propostos seis brises verticais de 31 cm de largura e 1 m de altura.

Figura 13. Representação do brise-soleil vertical



Quanto à materialidade, a escolha da madeira para os brises se deu ao fato dela oferecer maior conforto térmico e visual e ser sustentável ao utilizar madeira de reflorestamento ou de demolição.

9.1.4 Isolamento térmico

Todo material possui um nível de isolamento térmico, ou seja, a capacidade de resistir à transferência de calor do lado mais quente para o lado mais frio. O objetivo é evitar ganhos, ou perdas (quando necessário), de calor excessivo entre o ambiente externo e interno através da envoltória (paredes e cobertura).

Essa troca de calor que ocorre entre os ambientes vai depender principalmente da diferença de temperatura existente entre uma face e outro do elemento construtivo, logo quanto maior a diferença, maior será a transferência de calor, pois o mesmo tende a migrar do meio mais quente para o meio mais frio. O efeito dessa passagem de calor é conhecido como condução térmica, e ocorre até haver um equilíbrio térmico.

O índice de condutância térmica, ou transmitância térmica, (U) é a capacidade de resistir à transferência de calor por condução, medindo o quanto de calor que irá passar através

da superfície. A fórmula para se obter esse índice é a seguinte, $U = 1 / R$, onde R é a resistência térmica, resultando em $U = W / m^2 * K$, ou seja, o quanto de calor (W) vai passar por 1m² de parede ou cobertura para cada Kelvin de diferencial de temperatura entre as faces.

O índice irá representar o quão bom isolante térmico um material construtivo é. Logo, um elemento construtivo que apresente um U baixo, significa que ele é um bom isolante, conduzindo pouco calor e possuindo maior resistência térmica. Já a resistência térmica, é a capacidade que uma material possui de resistir a transferência de calor. Para calcular o isolamento térmico, primeiro é preciso calcular a resistência de cada uma das camadas do elemento construtivo, a partir da fórmula $R = e(m) / \lambda$, onde e é a espessura em metros e λ é a condutividade térmica - propriedade específica do material e depende de sua densidade. Quanto mais alta for a condutividade, mais baixo será o valor de resistência.

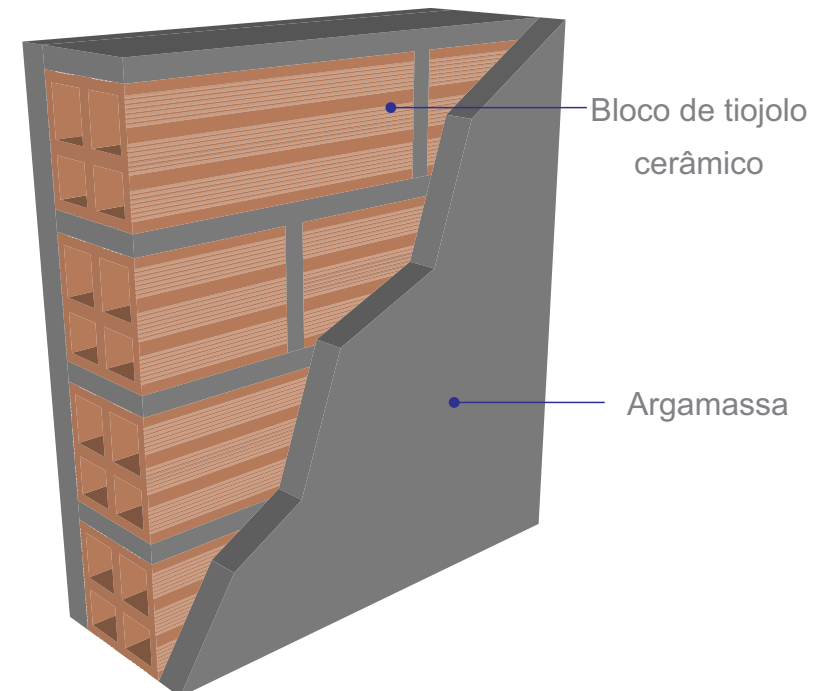
Para saber se a envoltória da edificação possui um bom índice de resistência térmica e o de condução, foi necessário conhecer seus elementos construtivos e, então, fazer os seguintes cálculos:

- Parede com tijolo maciço rebocado em ambas as faces
- Argamassa (reboco): $\lambda = 1,15 \text{ W / (m * K)}$, $e = 0,02$
- Cerâmica (tijolo): $U = 2,99 \rightarrow U = 1/R \rightarrow R = 1/U = 0,34$
- Resistência da argamassa
 $R_a = e / \lambda = 0,02 / 1,15 = 0,0174$
- Resistência da alvenaria
 $R_{alv} = 0,34$
- Resistência superficial interna e externa
Parede superfície interna (horizontal) = 0,13
Parede superfície externa (horizontal) = 0,04
- Resistência total da composição da envoltória
 $R_t = 0,0174 + 0,34 + 0,0174 + 0,13 + 0,04 = 0,55$

- Índice de condutância térmica
 $U = 1 / 0,55 = 1,82 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Como demonstrado, a envoltória da edificação possui um alto índice de condutância térmica, logo será grande a transferência de calor do meio exterior para o interior.

Figura 14. Representação da composição da envoltória existente

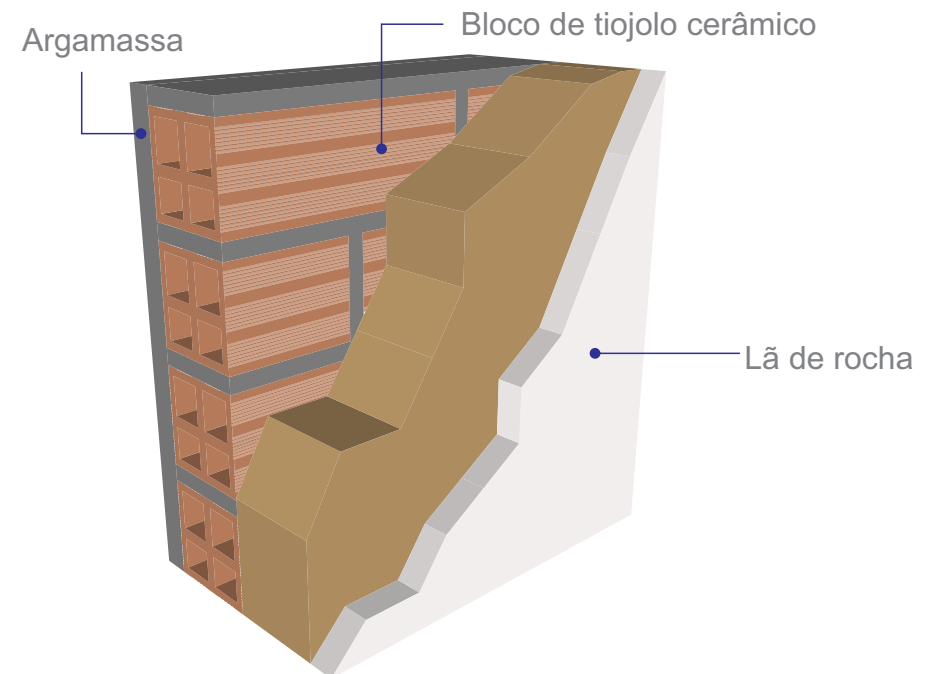


Objetivando aumentar o índice de isolamento térmico da envoltória das fachadas norte e oeste, foi proposto o acréscimo de lã de rocha com 9 cm de espessura e de placa de gesso com 2,5 cm de espessura.

- Lã de rocha: $\lambda = 0,045 \text{ W / (m * K)}$, $e = 0,09$
- Placa de gesso: $\lambda = 0,35 \text{ W / (m * K)}$, $e = 0,025$
- Resistência lã de rocha:
 $R_{lã} = e / \lambda = 0,09 / 0,045 = 2$
- Resistência placa de gesso:
 $R_g = e / \lambda = 0,025 / 0,35 = 0,0714$
- Resistência superficial interna e externa
Parede superfície interna (horizontal) = 0,13
Parede superfície externa (horizontal) = 0,04
- Resistência total da composição da parede:
 $R_t = 0,0174 + 0,34 + 2 + 0,0714 + 0,13 + 0,04$
 $R_t = 2,60$
- Índice de condutância térmica:
 $U = 1 / 2,60 = 0,39 \text{ W/m}^2 * \text{K}$

Observa-se que, ao comparar o índice de condutância térmica existente com o índice que está sendo proposto, $U = 82 \text{ W/m}^2 * \text{K}$ (existente) e $U = 0,39 \text{ W/m}^2 * \text{K}$ (proposição), há 78% a mais de isolamento térmico com a aplicação da lã de rocha e da placa de gesso.

Figura 14. Representação da composição da envoltória proposta



Outra proposição ligada ao isolamento térmico, é a da inserção de uma manta térmica na cobertura. Há condução de calor também se dá através da cobertura, sendo necessário uma atenção quando aos seus componentes escolhidos no projeto. Para o estudo foi pensado no acréscimo da manta térmica sob a telha cerâmica. Com base nos cálculos a seguir, observa-se a porcentagem de ganho como isolante térmico ao adotar o uso da manta térmica.

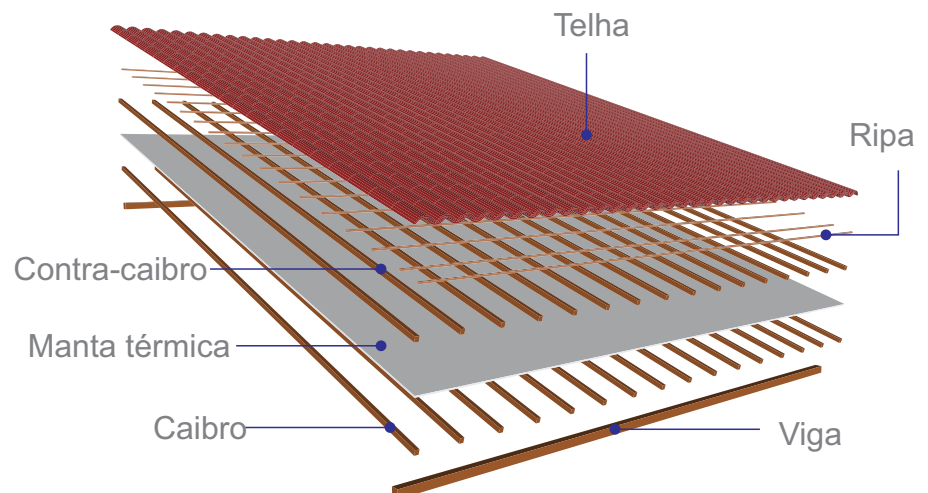
- Laje: $U = 2,05$
- Resistência superficial interna e externa:
 $\text{Cobertura superfície interna} = 0,17$
 $\text{Cobertura superfície externa} = 0,04$
- Resistência da laje:
 $R = 1/U = 0,49$
- Resistência total:
 $R_t = 0,49 + 0,17 + 0,04 = 0,70$
- Índice de condutância térmica
 $U = 1/0,70 = 1,43 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Agora com o acréscimo da manta térmica:

- Manta térmica: $\lambda = 0,04 \text{ W / (m} \cdot \text{K)}$, $e = 0,10$
- Resistência da manta térmica:
 $R_m = 0,10 / 0,04 = 2,5$
- Resistência total:
 $R_t = 0,49 + 0,17 + 0,04 + 2,5 = 3,2$
- Índice de condutância térmica
 $U = 1/3,2 = 0,313 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Observa-se, também, que com o uso da manta térmica há 78% a mais de isolamento térmico.

Figura 15. Representação da composição do telhado



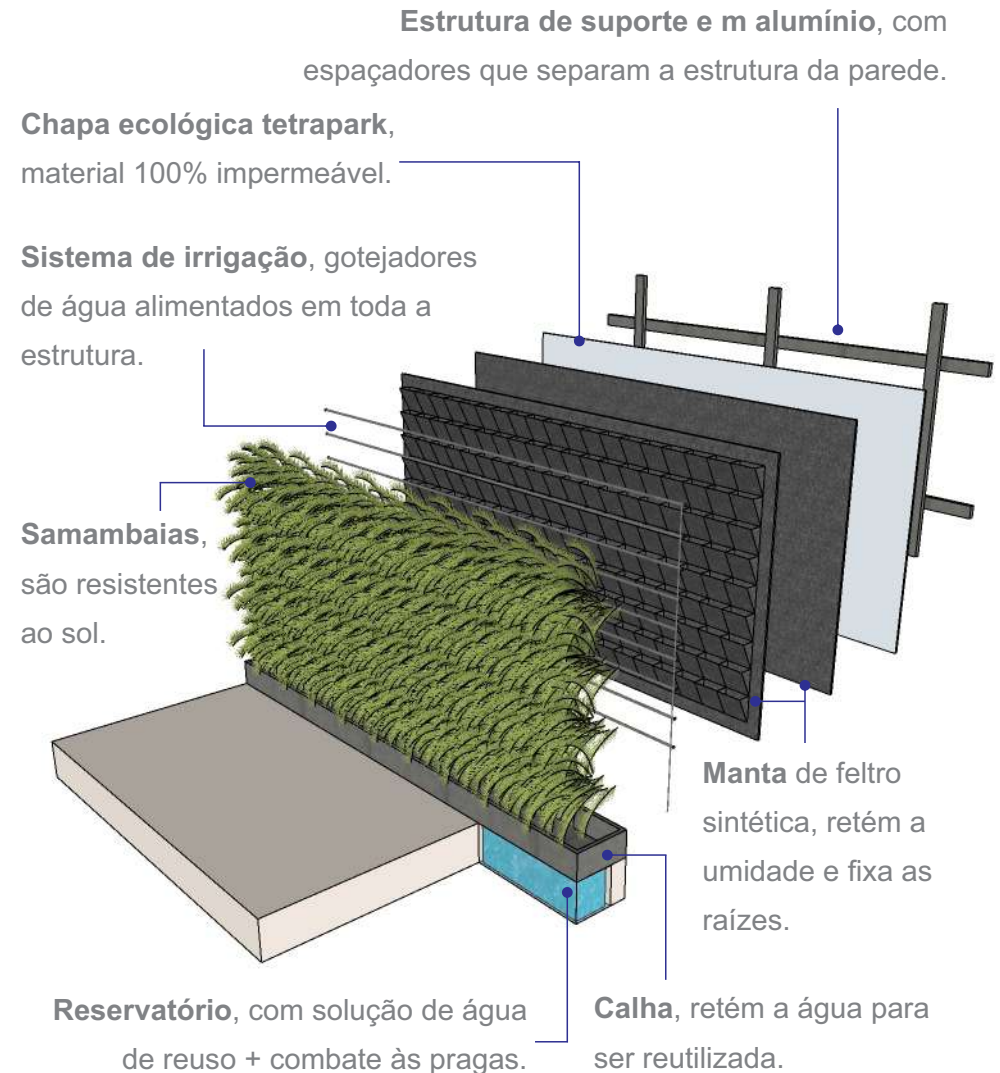
9.1.5 Jardim vertical

Com o acelerado processo de modificação da cidades ao longo dos anos, e com o intenso crescimento dos centros urbanos devido ao aumento do número da população, houve a formação de ilhas de calor, ou seja, um desequilíbrio no microclima das regiões por causa de fatores como, o descaso com a vegetação e os materiais utilizados nas edificações - estes que podem ser altamente absorvente, refletores e/ou emissores de energia.

Este cenário ocorre porque parte da radiação de onda curta que é absorvida, retorna ao meio externo em forma de calor, ou seja, a radiação de onda longa, que tem sua dissipação reduzida devido à poluição, transforma, assim, as cidades em grandes estufas. (BUENO, 1998).

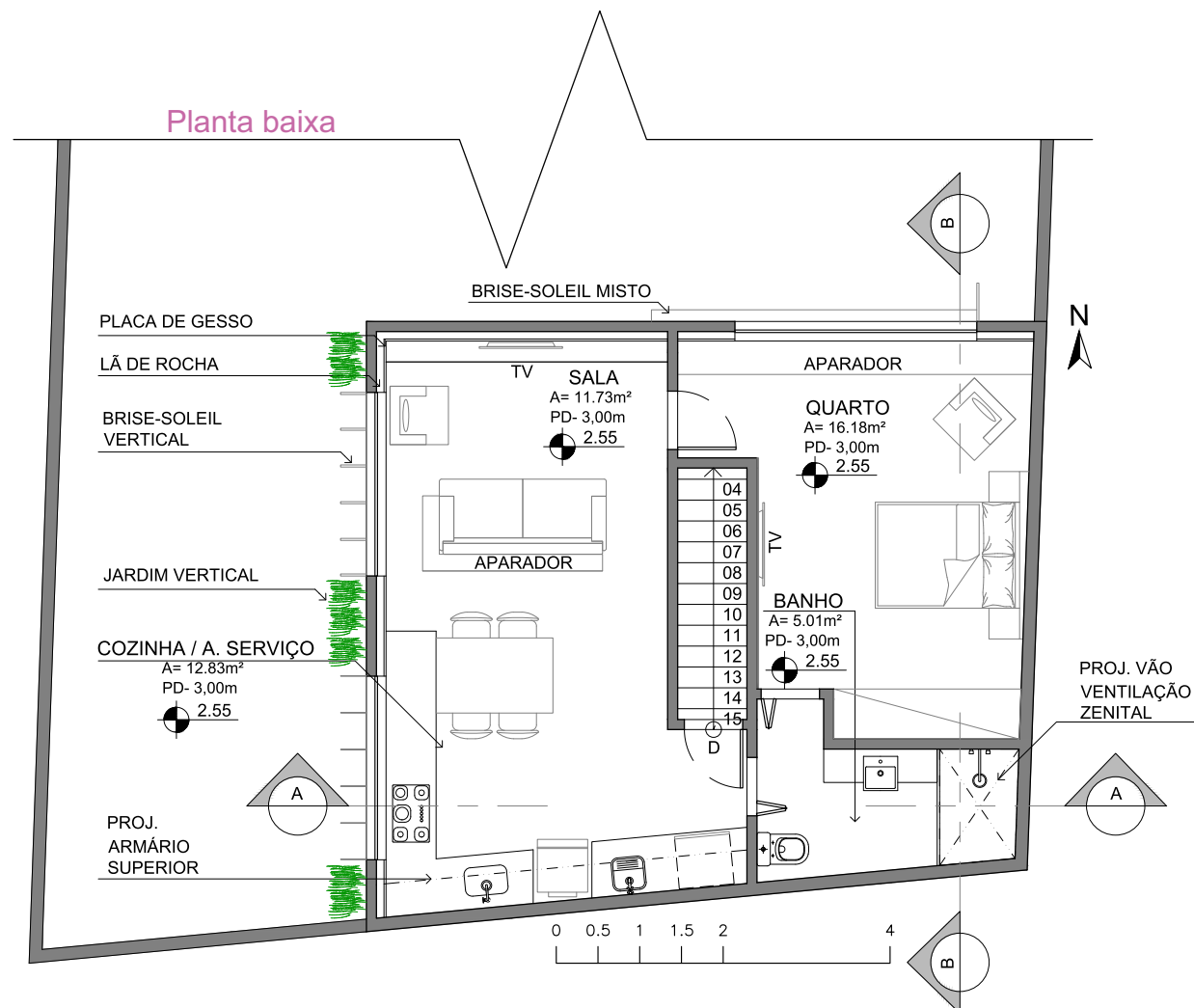
A vegetação possui uma facilidade em absorver a radiação solar, podendo interceptar entre 60% a 90%, gerando uma redução favorável na temperatura e proporcionando conforto térmico. Sendo assim, é proposta a inserção de um jardim vertical na fachada oeste da edificação, almejando melhorar o desempenho térmico.

Figura 16. Estrutura jardim vertical

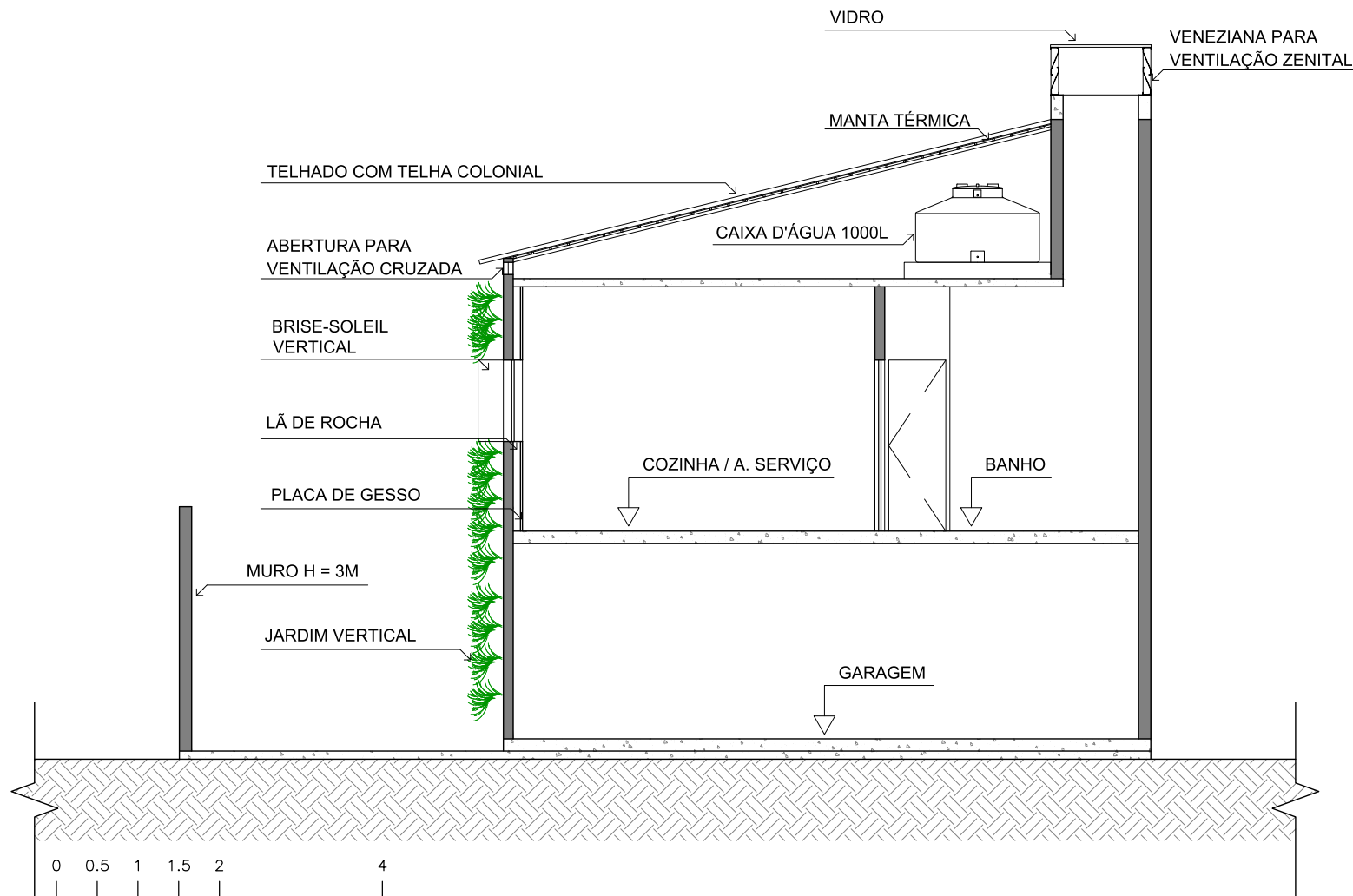


10. PROPOSIÇÃO FINAL DE INTERVENÇÕES

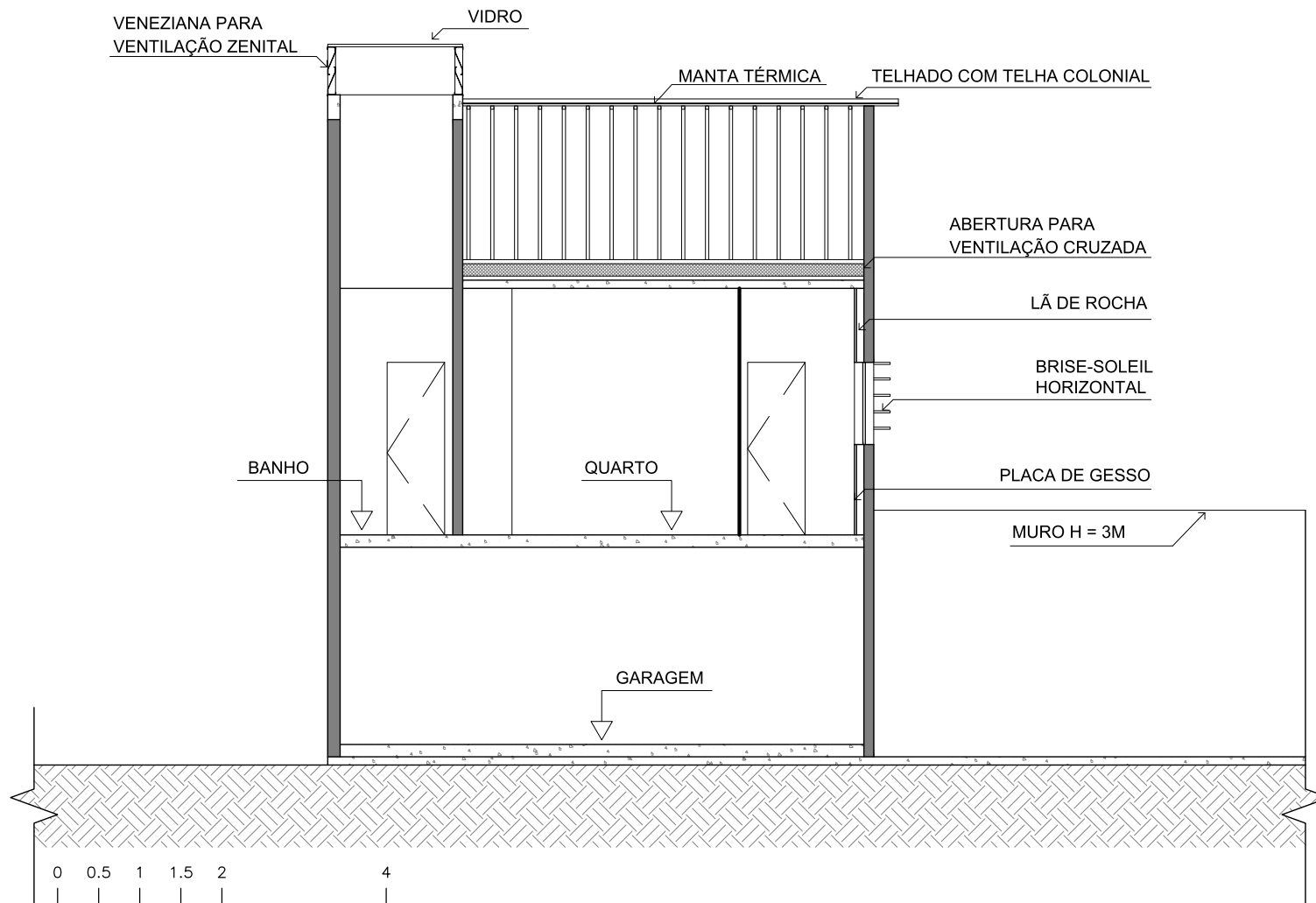
Neste estudo foi realizado a proposição de intervenções bioclimáticas em uma edificação residencial já existente, visando harmonizá-la ao clima local. Pode-se observa abaixo a planta baixa gerada com essas aplicação dessas intervenções, seguida pelos cortes técnicos.



Corte A



Corte B



Pode-se observar nas próximas imagens o modelo produzido com base nas características originais da edificação, e o modelo final, produzido através das intervenções aplicadas.

Figura 17. Fachada norte original



Figura 18. Fachada norte proposta



Figura 19. Fachada oeste original



Figura 20. Fachada oeste proposta



Figura 21. Cozinha original



Figura 22. Cozinha proposta



Figura 23. Sala de estar original



Figura 24. Sala de estar proposta



Figura 25. Quarto original



Figura 26. Quarto proposto



1.1. POSSÍVEIS RESULTADOS A SEREM OBTIDOS

Visto que o objetivo do presente trabalho é mostrar a importância da inclusão de estratégias bioclimáticas no projeto arquitetônico, proporcionando conforto térmico ao usuário e reduzindo, assim, o consumo elétrico, pois, a partir do momento que há um ambiente com temperatura térmica naturalmente agradável, se dispensa, ou ao menos diminui, o uso de condicionadores de ar. Nesta parte será demonstrado, através de tabelas, o consumo elétrico da edificação no modelo original e no modelo proposto.

Tabela 3. Consumo energético nos meses mais quentes no modelo original

COMPARTIMENTO	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	USO DIÁRIO (H)	KWh/MÊS	CUSTO/MÊS
SALA	1	ILUMINAÇÃO	10	30,00	R\$ 20,51
	1	TELEVISÃO	7	34,65	R\$ 23,69
	1	VENTILADOR DE TETO	18	108,00	R\$ 73,84
	1	TV A CABO	7	11,55	R\$ 7,90
	1	APARELHO DE SOM	3	7,20	R\$ 4,92
QUARTO	1	ILUMINAÇÃO	4	12,00	R\$ 8,20
	1	CONDICIONADOR DE AR	9	189,00	R\$ 129,21
	1	VENTILADOR	6	7,20	R\$ 4,92
LAVANDERIA	1	ILUMINAÇÃO	3	9,00	R\$ 6,15
	1	MÁQUINA DE LAVAR	4	120,00	R\$ 82,04
COZINHA	1	ILUMINAÇÃO	5	15,00	R\$ 10,26
	1	GELADEIRA	24	117,00	R\$ 79,99
	1	MICROONDAS	5	210,00	R\$ 143,57
	1	FOGÃO ELÉTRICO	4	720,00	R\$ 492,24
	1	CAFETEIRA	20	6,00	R\$ 4,10
BANHEIRO	1	ILUMINAÇÃO	5	15,00	R\$ 10,26
	1	CHUVEIRO ELÉTRICO	0,75	123,75	R\$ 84,60
TOTAL				1735,35	R\$ 1.186,40
GASTO COM ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO					
ILUMINAÇÃO				81,00	R\$ 55,38
VENTILAÇÃO				304,20	R\$ 207,97

Tabela 3. Consumo energético nos meses mais frescos no modelo original

COMPARTIMENTO	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	USO DIÁRIO (H)	KWh/MÊS	CUSTO/MÊS
SALA	1	ILUMINAÇÃO	10	30,00	R\$ 20,51
	1	TELEVISÃO	7	34,65	R\$ 23,69
	1	VENTILADOR DE TETO	9	54,00	R\$ 36,92
	1	TV A CABO	7	11,55	R\$ 7,90
	1	APARELHO DE SOM	3	7,20	R\$ 4,92
QUARTO	1	ILUMINAÇÃO	4	12,00	R\$ 8,20
	1	VENTILADOR	6	7,20	R\$ 4,92
LAVANDERIA	1	ILUMINAÇÃO	3	9,00	R\$ 6,15
	1	MÁQUINA DE LAVAR	4	120,00	R\$ 82,04
COZINHA	1	ILUMINAÇÃO	5	15,00	R\$ 10,26
	1	GELADEIRA	24	117,00	R\$ 79,99
	1	MICROONDAS	5	210,00	R\$ 143,57
	1	FOGÃO ELÉTRICO	4	720,00	R\$ 492,24
	1	CAFETEIRA	20	6,00	R\$ 4,10
BANHEIRO	1	ILUMINAÇÃO	5	15,00	R\$ 10,26
	1	CHUVEIRO ELÉTRICO	0,75	123,75	R\$ 84,60
TOTAL				1492,35	R\$ 1.020,27
GASTO COM ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO					
ILUMINAÇÃO				81,00	R\$ 55,38
VENTILAÇÃO				61,20	R\$ 41,84

Tabela 4. Consumo energético nos meses mais quentes no modelo projetado

COMPARTIMENTO	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	USO DIÁRIO (H)	KWh/MÊS	CUSTO/MÊS
SALA	1	ILUMINAÇÃO	10	30,00	R\$ 20,51
	1	TELEVISÃO	7	34,65	R\$ 23,69
	1	VENTILADOR DE TETO	9	54,00	R\$ 36,92
	1	TV A CABO	7	11,55	R\$ 7,90
	1	APARELHO DE SOM	3	7,20	R\$ 4,92
QUARTO	1	ILUMINAÇÃO	4	12,00	R\$ 8,20
	1	CONDICIONADOR DE AR	4	84,00	R\$ 57,43
	1	VENTILADOR	6	7,20	R\$ 4,92
LAVANDERIA	1	ILUMINAÇÃO	3	9,00	R\$ 6,15
	1	MÁQUINA DE LAVAR	4	120,00	R\$ 82,04
COZINHA	1	ILUMINAÇÃO	5	15,00	R\$ 10,26
	1	GELADEIRA	24	117,00	R\$ 79,99
	1	MICROONDAS	5	210,00	R\$ 143,57
	1	FOGÃO ELÉTRICO	4	720,00	R\$ 492,24
	1	CAFETEIRA	20	6,00	R\$ 4,10
BANHEIRO	1	ILUMINAÇÃO	5	15,00	R\$ 10,26
	1	CHUVEIRO ELÉTRICO	0,75	123,75	R\$ 84,60
TOTAL				1576,35	R\$ 1.077,70
GASTO COM ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO					
ILUMINAÇÃO				81,00	R\$ 55,38
VENTILAÇÃO				145,20	R\$ 99,27

Tabela 5. Consumo energético nos meses mais frescos no modelo projetado

COMPARTIMENTO	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	USO DIÁRIO (H)	KWh/MÊS	CUSTO/MÊS
SALA	1	ILUMINAÇÃO	10	30,00	R\$ 20,51
	1	TELEVISÃO	7	34,65	R\$ 23,69
	1	VENTILADOR DE TETO	9	54,00	R\$ 36,92
	1	TV A CABO	7	11,55	R\$ 7,90
	1	APARELHO DE SOM	3	7,20	R\$ 4,92
QUARTO	1	ILUMINAÇÃO	4	12,00	R\$ 8,20
	1	VENTILADOR	6	7,20	R\$ 4,92
LAVANDERIA	1	ILUMINAÇÃO	3	9,00	R\$ 6,15
	1	MÁQUINA DE LAVAR	4	120,00	R\$ 82,04
COZINHA	1	ILUMINAÇÃO	5	15,00	R\$ 10,26
	1	GELADEIRA	24	117,00	R\$ 79,99
	1	MICROONDAS	5	210,00	R\$ 143,57
	1	FOGÃO ELÉTRICO	4	720,00	R\$ 492,24
	1	CAFETEIRA	20	6,00	R\$ 4,10
BANHEIRO	1	ILUMINAÇÃO	5	15,00	R\$ 10,26
	1	CHUVEIRO ELÉTRICO	0,75	123,75	R\$ 84,60
TOTAL				1492,35	R\$ 1.020,27
GASTO COM ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO					
				ILUMINAÇÃO	81,00
				VENTILAÇÃO	61,20
					R\$ 55,38
					R\$ 41,84

Tabela 7. Consumo energético nos meses em que não há a necessidade do uso de ventilação mecânica no modelo projetado

COMPARTIMENTO	QUANTIDADE	DESCRIÇÃO	USO DIÁRIO (H)	KWh/MÊS	CUSTO/MÊS
SALA	1	ILUMINAÇÃO	10	30,00	R\$ 20,51
	1	TELEVISÃO	7	34,65	R\$ 23,69
	1	TV A CABO	7	11,55	R\$ 7,90
	1	APARELHO DE SOM	3	7,20	R\$ 4,92
QUARTO	1	ILUMINAÇÃO	4	12,00	R\$ 8,20
LAVANDERIA	1	ILUMINAÇÃO	3	9,00	R\$ 6,15
	1	MÁQUINA DE LAVAR	4	120,00	R\$ 82,04
COZINHA	1	ILUMINAÇÃO	5	15,00	R\$ 10,26
	1	GELADEIRA	24	117,00	R\$ 79,99
	1	MICROONDAS	5	210,00	R\$ 143,57
	1	FOGÃO ELÉTRICO	4	720,00	R\$ 492,24
	1	CAFETEIRA	20	6,00	R\$ 4,10
BANHEIRO	1	ILUMINAÇÃO	5	15,00	R\$ 10,26
	1	CHUVEIRO ELÉTRICO	0,75	123,75	R\$ 84,60
TOTAL				1431,15	R\$ 978,43
GASTO COM ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO					
ILUMINAÇÃO				81,00	R\$ 55,38
VENTILAÇÃO				0,00	R\$ 0,00

Com base nas tabelas e no consumo energético, é possível realizar o cálculo para se ter uma média do consumo anual do modelo original e do modelo proposto.

- Consumo no modelo original

Meses mais quentes = R\$ 1186,40 * 6 meses = R\$ 7118,40

Meses mais frescos = R\$ 1020,27 * 6 meses = R\$ 6121,62

Total em um ano = R\$ 13240,02

- Consumo no modelo proposto

Meses mais quentes = R\$ 1077,70 * 3 meses = R\$ 3233,10

Meses mais frescos = R\$ 1020,27 * 3 meses = R\$ 3060,81

Meses sem necessidade do uso de ventilação mecânica = R\$ 978,43 * 6 meses = R\$ 5870,58

Total em um ano = R\$ 12164,49

Com base nesses dados, nota-se como a inserção das estratégias bioclimáticas influência, de forma positiva, no desempenho térmico resultando em uma diferença de consumo energético de R\$ 1075,53 no ano.

No decorrer deste trabalho foi definido o que é arquitetura bioclimática e apresentado seus diferentes tipos de estratégias passivas que, ao serem utilizadas, visam uma harmonização do projeto arquitetônico com o local ao qual será (ou está) inserida. Sendo ainda realizado um estudo sobre uma edificação já existente propondo a aplicação de estratégias bioclimáticas, através do processo de retrofit, visando melhorar o conforto térmico e sua eficiência energética.

Cabe ressaltar a importância de trabalhos dentro desta temática, comprovando ser possível aplicar os conceitos bioclimáticos em todos os tipos de edificação, independente de qual seja a sua região climática.

Pensar em um espaço interno que seja funcional, e principalmente ofereça conforto ambiental aos seus usuários, permitindo que os mesmos realizem suas atividades, é um dever nosso quanto arquitetos. Para isso é necessário que as edificações sejam projetadas levando em consideração o melhor aproveitamento das características geográficas locais e dos recursos naturais. Como resultado, obtemos ambientes com condições térmicas favoráveis, tornando a construção energeticamente eficiente, e reduzindo assim seu consumo elétrico.

1.3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em <<https://www.aneel.gov.br/a-aneel>>. Acesso em abril e maio de 2020.

ARAÚJO, Bianca Carla Dantas; CARAM, Rosana. **Análise ambiental: estudo bioclimático urbano em centro histórico**. Comunicação de resultados de pesquisa, EESC/USP, São Paulo, Ambiente & Sociedade – Vol. IX nº. 1 jan./jun. 2006. Disponível em <<https://www.scielo.br/pdf/asoc/v9n1/a08v9n1.pdf>>. Acesso em abril e maio de 2020.

Arquitetura Bioclimática: o que é e qual o seu propósito?. Disponível em <<https://archtrends.com/blog/arquitetura-bioclimatica/>>, 09 de outubro de 2017. Acesso em abril de 2020.

BIOCLIMATISMO, Blog de arquitetura. **Zoneamento Bioclimático Brasileiro**. Disponível em <<http://bioclimatismo.com.br/>>. Acesso em junho de 2020.

BOGO, Amilcar; PIETROBON, Claudio E.; BARBOSA, Miriam Jerononimo *et. al.* **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico**. Núcleo de Pesquisa em Construção, Universidade Federal de Santa Catarina, fevereiro de 1994. Disponível em <http://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimatologia.pdf>. Acesso em maio de 2020.

BRANDÃO, Maria da Gloria de Sousa. **A incorporação de condições climáticas em projetos de arquitetura**. Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em <https://docs.google.com/document/d/13cnz3zlm_B6Sp9PaLiXS2zoSrMoBTGaBnFgoSc3iIE4/edit>. Acesso em maio e junho de 2020.

BRASIL. **ABNT 15220: Desempenho térmico de edificações**. Comitê Brasileiro de Construção Civil, setembro de 2003.

COSTA, Angelina Dias Leão. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos: uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN**. Natal, Rio Grande do Norte, 2003.

DURÃO, Carina Oliveira. **Reabilitação sustentável: introdução de metodologias e estratégias sustentáveis**. Universidade Técnica de Lisboa, FAUTL, Lisboa, março de 2013.

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica: 2018 - ano base 2017**. Ministério de Minas e Energia, Brasil, 2018.

PE. **Caderno de Demanda de Eletricidade**. Ano I, número I, abril de 2018.

EPE. **Empresa de Pesquisa Energética**. Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt>>. Acesso em março, abril e maio de 2020.

EPE. **Plano decenal de expansão de energia 2026**. Ministério de Minas e Energia, Brasil.

FERNANDES, Júlia Teixeira. **Código de obras e edificações do DF: Inserção de conceitos bioclimáticos, conforto térmico e eficiência energética**. Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Brasília, 2009. Disponível em <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/7281/1/2009_JuliaTeixeiraFernandesPrimeiraParte.pdf>. Acesso em maio, abril e junho de 2020.

FERREIRA, Dilson Batista. **Por uma arquitetura bioclimática brasileira. Alagoas, Maceió**. Disponível em <https://www.aecweb.com.br/cont/a/por-uma-arquitetura-bioclimatica-brasileira_10869#:~:text=A%20chamada%20%E2%80%9Carquitetura%20bioclim%C3%A1tica%E2%80%9D%20surgiu,a%20base%20da%20arquitetura%20ecol%C3%B3gica.>>. Acesso em abril e maio de 2020.

ILHO, Donato da Silva. **Dimensionamento de usinas hidroelétricas através de técnicas de otimização evolutiva**. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, dezembro de 2003

GONÇALVES, Helder. **Arquitetura bioclimática**. Disponível em <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/meio-ambiente/arquitetura-bioclimatica>>. Acesso em abril, maio e junho de 2020.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em fevereiro, março, abril e maio de 2020.

JUNIOR, José Iraldo da Silva; RATKIEVICIUS, Karina Magalhães; SILVA, Kenya Maria Porcina *et. al.* **Os benefícios da arquitetura bioclimática no conforto e na economia energética.** Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, Palmas, Tocantins, outubro de 2012. Disponível em <<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/2843/2938>>. Acesso em abril, maio e junho de 2020.

MELLO, Mario Fernando; SANTOS, Eudes Vinicius; DORNELES, Ramires Lunardi *et. al.* **A importância de estratégias bioclimáticas aplicadas no projeto arquitetônico.** Rev. Adm. UFSM, Santa Maria, v. 10, Edição Especial, p. 09-25, AGO. 2017

MASCARELLO, Vera Lucia Dutra. **Princípios bioclimáticos e princípios de arquitetura moderna - evidências no edifício hospitalar.** Programa de Pesquisa e Pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5747/000519282.pdf>>. Acesso em março, abril e maio de 2020.

PEDRINI, Aldomar; TRINDADE, Sileno Cirne. **Aplicação de conceitos da arquitetura bioclimática como exemplo de eficiência energética no clima quente e úmido.** São Paulo, Brasil: NUTAU-USP, 2010.

PIASSINI, Diógenes Júnior; FEBRAS, Filipe Sehn *et. al.* **Conceitos da arquitetura bioclimática ligados ao conforto térmico e eficiência energética dos edifícios.** Anais de Arquitetura e Urbanismo / ISSN 2527-0893, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 78 - 90, dezembro de. 2016. ISSN 2527-0893. Disponível em <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/cau/article/view/20/20>>. Acesso em maio e junho de 2020.

RANGEL, Pollyana de Faria. **Interface entre arquitetura bioclimática e decisões projetuais.** Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE. **Boletim Energético: informativo mensal com dados sobre a geração e o consumo dos principais energéticos do Estado de São Paulo.** Governo do Estado de São Paulo, abril de 2020.