



Sustentabilidade no Programa Minha Casa Minha Vida

AMANDA CORACIARA

novembro de 2019



Sustentabilidade no Programa Minha Casa Minha Vida

AMANDA CORACIARA

Outubro de 2019

SUSTENTABILIDADE NO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

AMANDA CORACIARA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor José Manuel Sousa

Co-Orientador: Professora Dra. Sílvia Maria S. G. Velázquez (Universidade Presbiteriana Mackenzie)

SETEMBRO DE 2019

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Quadros	xv
Abreviaturas	xix
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Estado da Arte.....	7
CAPÍTULO 3 Pesquisa Prática	27
CAPÍTULO 4 Discussão dos Resultados	34
Referências Bibliográficas	51

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso em um empreendimento do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) que verifica a aplicabilidade das tecnologias passivas, utilizando estratégias bioclimáticas para aquecimento e arrefecimento, que refletem no projeto arquitetônico uma maior harmonia entre as relações dos seres humanos com o clima do local, além da implantação de técnicas ativas como, por exemplo, os painéis solares térmicos e o sistema de captação de água pluvial, visando à redução do consumo de energia e de água, além de proporcionar aumento da eficiência energética do edifício, promovendo conforto e qualidade de vida para os usuários. Foram estudados os setores elétrico e da construção civil, o déficit habitacional, o PMCMV e as normas de desempenho, além do uso dos softwares como o Analysis SOL-AR, para verificar a carta solar do edifício, e a ferramenta Projetando Edificações Energeticamente Eficientes (ProjetEEE), criado pelo Ministério do Meio Ambiente, muito importante para obtenção dos dados climáticos do local, das estratégias bioclimáticas a serem utilizadas e dos componentes construtivos para verificar se os elementos (paredes e coberturas) satisfaziam a norma de desempenho. Houve a necessidade de realizar pequenas alterações para que a norma fosse atendida. Além disso, a implantação das técnicas ativas se mostrou um investimento interessante pois apresenta um baixo tempo de retorno e uma redução nas contas de eletricidade e água, que tem um peso grande no restrito orçamento das famílias de baixa renda, beneficiadas pelo Programa.

Palavras-chave: Eficiência energética. Estratégias bioclimáticas. PMCMV.

ABSTRACT

This work presents a case study about My Home My Life Project (PMCMV in portuguese) that verifies the applicability of passive technologies, using bioclimatic strategies for heating and cooling, which reflect in the architectural design a greater harmony between the relations of human beings with the climate of the place, as well as the implementation of active techniques such as solar thermal panels and rainwater collection system, aiming at reducing energy and water consumption, as well as increasing the energy efficiency of the building, promoting comfort and quality of life for users. The electrical and civil construction sectors, the housing deficit, the PMCMV and the performance standards were studied, as well as the use of software such as Analysis SOL-AR, to verify the solar charter of the building, and the projetEEE, created by the Ministry of Environment, very important to obtain the climatic data of the place, the bioclimatic strategies to be used and the construction components to verify if the elements (walls and roofs) satisfied the standard of performance. There was a need to make small changes in order for the standard to be met. In addition, the implementation of the active techniques proved to be an interesting investment because it presents a low turnaround time and a reduction in electricity and water bills, which has a large weight in the restricted budget of low-income families benefiting from the Program.

Keywords: Energy efficiency. Bioclimatic strategies. PMCMV.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

Ao professor José Sousa e à professora Silvia Velázquez por seus ensinamentos, por suas orientações, paciência e confiança ao longo do caminho e que me ajudaram a concluir este trabalho.

À minha família, pelo apoio, paciência e compreensão.

Aos meus colegas de trabalho, pelas palavras de incentivo e apoio.

ÍNDICE DE TEXTO

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Quadros	xv
Abreviaturas	xix
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
1.1 Considerações Iniciais.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo geral	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Estrutura do Trabalho	4
1.4 Metodologia.....	4
CAPÍTULO 2 Estado da Arte.....	7
2.1 Setores Envolvidos	7
2.1.1 Setor Elétrico Brasileiro	7
2.1.2 Setor da construção civil.....	8
2.2 O Programa Minha Casa Minha Vida	10

ÍNDICE DE TEXTO

2.3	Eficiência Energética	13
2.4	Conceitos Bioclimáticos	14
2.5	Tecnologias	17
2.5.1	Passivas	17
2.5.2	Ativa: Solar Térmico	22
2.5.3	Captação de água pluvial	24
CAPÍTULO 3	Pesquisa Prática	27
3.1	Apresentação do Edifício	27
3.2	Materiais Empregados	30
3.3	Dados Bioclimáticos	31
CAPÍTULO 4	Discussão dos Resultados.....	34
4.1	ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS	34
4.1.1	Adequação dos Elementos Construtivos	34
4.1.2	Ventilação Natural	40
4.1.3	Energia solar	42
4.1.4	Captação de água pluvial	43
4.2	CONCLUSÃO	46
4.3	Desenvolvimentos Futuros	48
	Referências Bibliográficas.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1 - Problemas na qualidade das habitações do PMCMV (Bohm, 2018)</i>	13
<i>Figura 2.2 - Zonas bioclimáticas Brasileiras (Lamberts et al., 2014)</i>	15
<i>Figura 2.3 - Carta Bioclimática de Givoni adaptada ao Brasil (ABNT, 2005)</i>	15
<i>Figura 2.4 - Zona de conforto (Lamberts et al., 2014)</i>	16
<i>Figura 2.5 - Forma e orientação do edifício (Lamberts et al., 2014)</i>	18
<i>Figura 2.6 - Orientação solar (Lamberts et al., 2014)</i>	18
<i>Figura 2.7 - Ganho solar direto (Lamberts et al., 2014)</i>	19
<i>Figura 2.8 - Ganho solar indireto (Lamberts et al., 2014)</i>	19
<i>Figura 2.9 - Ventilação cruzada (Lamberts et al., 2014)</i>	20
<i>Figura 2.10 - Ventilação vertical - Efeito chaminé (Lamberts et al., 2014)</i>	20
<i>Figura 2.11 - - Método spray (Lamberts et al., 2014)</i>	21
<i>Figura 2.12 - Fonte e espelho d'água (Lamberts et al., 2014)</i>	21
<i>Figura 2.13 - Telhado verde (Lamberts et al., 2014)</i>	22
<i>Figura 2.14 - Resfriamento evaporativo com áreas arborizadas (Lamberts et al., 2014)</i>	22
<i>Figura 2.15 - Painel solar térmico (Portal Energia, 2018)</i>	24
<i>Figura 2.16 - Distribuição do consumo de água tratada nas residências (ICOS – Reuso de água)</i>	25
<i>Figura 2.17 - Sistema de aproveitamento de água de chuva em uma residência (Trevizan, 2017)</i>	26
<i>Figura 3.1 - Modelo dos edifícios do Empreendimento Reserva das Aves (Bevilacqua, 2018)</i>	27
<i>Figura 3.2 - Implantação do Empreendimento (Bevilacqua, 2018)</i>	28
<i>Figura 3.3 - Modelo pavimento tipo (Bevilacqua, 2018)</i>	28
<i>Figura 3.4 - Ampliação Residencial Beija-Flor (Bloco B) (Reserva das aves, 2019)</i>	29
<i>Figura 3.5 - Modelo do apartamento mobilhado (Reserva das aves, 2019)</i>	29

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 3.6 - Cobertura impermeabilizada e com telhas de fibrocimento (Bevilacqua, 2018)</i>	<i>30</i>
<i>Figura 3.7 - Temperaturas e zona de conforto (ProjetEEE, 2019)</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3.8 - Umidades relativa (ProjetEEE, 2019).....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3.9 - Carta bioclimática da cidade de São Paulo (ABNT, 2005).....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 4.1 - Carta solar (Analysis SOL-AR).....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 4.2 - Rosa dos ventos (ProjetEEE, 2019)</i>	<i>40</i>
<i>Figura 4.3 - Fluxo dos ventos predominantes no edifício (Autoria própria)</i>	<i>41</i>
<i>Figura 4.4 - Precipitações de chuva mensal (mm) (ProjetEEE, 2019)</i>	<i>44</i>
<i>Figura 4.5 - Etapas da construção da cisterna externa (Schistek, 2005).....</i>	<i>46</i>

ÍNDICE DE QUADROS

<i>Quadro 2.1 - Déficit habitacional total e por componentes no Brasil e regiões (CBIC, 2018)</i>	<i>11</i>
<i>Quadro 2.2 - Definição das Zonas em relação a Carta Bioclimática de Givoni (ABNT, 2005)</i>	<i>16</i>
<i>Quadro 3.1 - Critérios para classificação bioclimática (ABNT, 2005)</i>	<i>32</i>
<i>Quadro 3.2 - Detalhamento das estratégias a adotar para Z3 (ABNT, 2005)</i>	<i>33</i>
<i>Quadro 4.1 - Classes de inércia térmica [kg/m³] (INCM, 2017)</i>	<i>37</i>
<i>Quadro 4.2 - Transmitância térmica (U) das paredes externas [W/m².K] (ABNT, 2013).</i>	<i>37</i>
<i>Quadro 4.3 - Capacidade térmica (Ct) das paredes externas [kJ/m².K] (ABNT, 2005)</i>	<i>37</i>
<i>Quadro 4.4 - Transmitância Térmica (U) [W/m²K] (ABNT, 2005)</i>	<i>38</i>
<i>Quadro 4.5 - Análise das vedações externas (ProjetEEE, 2019)</i>	<i>38</i>
<i>Quadro 4.6 - Análise da cobertura com telhado (ProjetEEE, 2019)</i>	<i>39</i>
<i>Quadro 4.7 - Análise da laje da cobertura (ProjetEEE, 2019)</i>	<i>40</i>
<i>Quadro 4.8 - Aberturas mínimas para ventilação (ABNT, 2013)</i>	<i>41</i>
<i>Quadro 4.9 - Taxa de ventilação do edifício (NBR 15220, 2003)</i>	<i>42</i>
<i>Quadro 4.10 - Dimensões do reservatório de tela-cimento (Gnadlinger, 2019)</i>	<i>45</i>

ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
ASBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
CGU	Controladoria Geral da União
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção
FAR	Fundo de Arrendamento Residencial
FC	Fator de Carga
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice do Desenvolvimento Humano
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPCC	Intergovernamental de Mudanças Climáticas
LEED	Leadership in Energy & Environmental Design
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PIB	Produto Interno Bruto

ABREVIATURAS

PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
PNAD	Pesquisa Nacionais da Amostra Domiciliar
SED	Síndrome dos Edifícios Doentes
TCU	Tribunal de Contas da União
UTE's	Usinas Termoelétricas
WCED	World Commission on Environment and Development
I_t [kg/m ²]	Inércia Térmica
U [W/m ² .K]	Transmitância térmica
C_t [kJ/m ² .K]	Capacidade térmica
ϕ (horas)	atraso térmico
FSo (%)	Fator de calor solar

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No cenário atual com o aquecimento global, mudanças climáticas e aumento no custo da energia é de extrema importância que ocorram mudanças no setor construtivo com o intuito de minimizar os impactos ambientais provocados pelas obras, visando conservação da natureza e maior economia (CREA, 2009).

A energia é a capacidade de realizar trabalho, ou seja, movimentar, transformar e produzir bens e serviços necessários para as atividades humanas (CREA, 2009). A matriz energética corresponde ao conjunto de fontes de energia disponíveis em um país, estado ou mundo, para suprir a demanda de energia da população, apresenta no âmbito mundial a participação de apenas 13,9% de energias renováveis, sendo que o maior uso prevalece de fontes não renováveis, provenientes da queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral) e energia nuclear (EPE, 2019).

Já a matriz elétrica é definida pelo conjunto de fontes apenas para a geração de eletricidade, sendo que no Brasil apresenta um consumo de 82% de fontes renováveis devido ao uso predominante de hidroelétricas para a geração de energia (EPE, 2019). Entretanto, os períodos de estiagem prejudicam o sistema, sendo necessário recorrer ao uso das usinas termoelétricas (UTES) para suprir a demanda de eletricidade, elevando consideravelmente o seu custo, que interfere na conta de eletricidade e aumenta as emissões de CO₂ na atmosfera, contribuindo com o aquecimento global (ANEEL, 2015).

O setor da construção civil apresenta uma das maiores “pegada ecológica” no mundo, termo criado para definir a pressão do consumo das populações humanas sobre os recursos naturais, devido ao seu elevado consumo de energia, que envolve desde a extração das matérias primas, até a fabricação, transporte e processamento dos materiais de construção (ABREU, 2012).

No Brasil o setor da construção é o que mais consome recursos naturais, sendo responsável por aproximadamente 18% do consumo da matriz energética e 50% do consumo da matriz elétrica, devido principalmente ao uso de iluminação artificial e de aparelhos mecânicos de climatização. Todavia, é possível reverter esse quadro com a adoção de medidas sustentáveis que visam o menor consumo de energia e redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE's) na atmosfera (MOURA; MOTTA, 2013).

O conceito de desenvolvimento sustentável foi apresentado em 1987, pela World Commission on Environment and Development (WCED), também conhecida como Comissão Brundtland. Naquela época já se estudava os impactos das atividades humanas no âmbito econômico e suas consequências no meio ambiente, na qualidade de vida e no bem-estar das pessoas (FREITAS, 2012).

A busca pela eficiência energética dos edifícios é um caminho para a sustentabilidade na construção, sendo primordial adaptar a arquitetura para à atualidade, devido à insuficiência dos recursos naturais necessários para atender à demanda do consumo da sociedade. Com a arquitetura bioclimática é possível reduzir a produção de poluentes por meio da redução do consumo de eletricidade, através da implantação de tecnologias construtivas que promovam a climatização natural das edificações, além de promover o conforto ambiental do homem (OLIVEIRA et al., 2016).

No contexto da construção civil, é preciso destacar o problema relacionado ao déficit habitacional no Brasil que totaliza mais de 16 milhões de habitações com problemas. A menor parcela corresponde às moradias em situação de risco que demandam a construção de novas residências são relacionadas ao déficit quantitativo, que correspondem a mais de 6,35 milhões de domicílios. Entretanto a maior parte do país sofre como déficit qualitativo, que se refere às moradias carentes de infraestrutura e saneamento básico, ou pela falta de regularização fundiária, sendo necessário apenas realizar a recuperação e regularização desses domicílios, que são responsáveis por aproximadamente 9,7 milhões de moradias, (FJP, 2018).

Na busca de uma solução para o déficit habitacional quantitativo o Governo Federal criou o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) que beneficia famílias de baixa renda por meio de subsídios e facilidades de financiamento para a aquisição da casa própria (CAIXA, 2019).

As edificações devem atender às exigências da norma de desempenho (NBR 15.575), que apresenta requisitos e critérios estabelecidos que devem ser cumpridos para que os requisitos do usuário também sejam atendidos. Os requisitos dos usuários apresentam alguns fatores como: estanqueidade, desempenhos térmico, acústico e lumínico, durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental (ABNT, 2013).

Todavia, o Ministério da Transparência e Controladoria Geral da União (CGU) realizou um relatório em que avaliaram às construções do Programa, observando defeitos em 56,4% das unidades da amostra visitada, além de falhas construtivas como infiltrações, trincas e vazamentos, além de alagamentos, iluminação deficiente e falta de pavimentação na área externa (CGU, 2017).

Neste cenário, o estudo de implementação de tecnologias nas edificações do PMCMV são de extrema importância, não só para o cumprimento das normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) como para a obtenção de moradias que apresentem uma maior eficiência energética e conforto

ambiental dos usuários, que acaba por diminuir os gastos da conta de eletricidade no restrito orçamento das famílias de baixa renda.

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) foi criado com o intuito de solucionar o déficit habitacional no Brasil, que hoje apresenta mais de 6 milhões de moradias, para isso será necessário a construção de novas edificações de forma a solucionar os problemas sociais e específicos de habitação (FJP, 2015).

Segundo Sposto e Paulsen (2014), considerando o grande investimento do governo no PMCMV deve ser analisado o impacto energético-ambiental das construções no meio ambiente, principalmente na fase de projeto, para que as escolhas dos materiais e componentes garantam eficiência energética e aumente seu ciclo de vida.

Baseado na preocupação da qualidade nas habitações do PMCMV e das alterações climáticas que vem ocorrendo junto a escassez dos recursos naturais, é importante estudar novas tecnologias capazes tornar os edifícios mais eficientes, poupando energia e garantindo maior qualidade de vida e conforto para o usuário (CREA, 2009).

A arquitetura bioclimática pode proporcionar a economia de eletricidade em até 30% em edifícios já existentes, se estes passarem por uma reabilitação, e a 50% em novos edifícios, que contemplem o uso das tecnologias passivas desde o projeto (MMA, 2015).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Estudar tecnologias construtivas que poderão ser utilizadas no PMCMV, que reduzam o consumo de energia, proporcionando o aumento da eficiência energética, promovendo conforto e qualidade de vida para os usuários, além de economia na conta de eletricidade.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos propostos para o desenvolvimento deste trabalho foram:

- Contextualizar o setor elétrico brasileiro e o setor da construção civil;
- Introduzir o PMCMV;
- Apresentar as tecnologias e técnicas construtivas que promovam maior eficiência energética;
- Analisar a aplicabilidade da norma de desempenho NBR 15.575 em um estudo de caso;

- Verificar a possibilidade de introdução de técnicas passivas e ativas no empreendimento estudado;
- Avaliar o impacto que tal economia trará no orçamento das famílias de baixa renda beneficiadas pelo programa.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis seções.

- A Seção 1 apresenta a Introdução, que é composta pelos seguintes itens: texto de contextualização do tema, problema de pesquisa e objetivos.
- A Seção 2 apresenta uma revisão de literatura sobre os setores envolvidos, o PMCMV, os conceitos bioclimáticos, as técnicas e tecnologias estudadas de modo a aumentar a eficiência energética dos edifícios.
- A Seção 3 indica a metodologia adotada no trabalho e seus instrumentos de pesquisa.
- A Seção 4 compreende o estudo de caso, realizado no empreendimento Reserva das aves no município de Cotia no estado de São Paulo, sito à Estrada Velha do Lageado nº 200.
- A Seção 5 apresenta os resultados e discussões da implantação das técnicas estudadas e das estratégias bioclimáticas adotadas, tendo como parâmetro a norma ABNT NBR 15.575.
- A Seção 6 relata as considerações finais do trabalho e indica algumas recomendações para pesquisas futuras. Não obstante, são fornecidas nos pontos seguintes algumas indicações quanto ao formato adotado.

1.4 METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa descritiva-explicativa, associada a um estudo de caso realizado no conjunto habitacional Reserva das Aves, no município de Cotia – SP, propondo alternativas que tornem os edifícios mais sustentáveis, por meio do melhor aproveitamento e interação dos recursos naturais no entorno e implantação de técnicas ativas, o que, conseqüentemente reduz o consumo de energia e água nas residências, gerando uma economia nas contas de energia e água dos usuários.

A forma de abordagem é quali-quantitativa e a pesquisa se iniciou pelo setor elétrico brasileiro e o setor da construção civil, explicou o déficit habitacional e introduziu o PMCMV, apresentou as tecnologias e técnicas construtivas que promovem maior eficiência energética, além do uso dos softwares Analysis SOL-AR, para obtenção da carta solar e ventos predominantes do local, e a ferramenta Projetando Edificações Energeticamente Eficientes (ProjetEEE), que é uma plataforma nacional que agrupa soluções para um projeto de edifício eficiente, possibilitando que os profissionais da construção integrem a seus

projetos a variável da eficiência energética através de elementos bioclimáticos por meio da introdução de técnicas passivas, sendo possível ainda analisar os componentes construtivos dos elementos (paredes e coberturas), verificando assim a aplicabilidade da norma de desempenho NBR 15.575 no estudo de caso, garantindo, além da redução da demanda energética, o conforto dos usuários no interior das edificações. Também foi verificado a possibilidade de introdução de técnicas ativas no empreendimento estudado sendo avaliado o impacto que tal economia traria no orçamento das famílias de baixa renda beneficiadas pelo programa.

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE

2.1 SETORES ENVOLVIDOS

2.1.1 Setor Elétrico Brasileiro

A Constituição Brasileira prevê diversos direitos sociais para promover uma vida digna para a população. Apesar da energia elétrica não ser expressa como um serviço essencial, é possível, a partir do princípio da dignidade da pessoa humana, materializar através dos serviços públicos o acesso à energia elétrica que é fundamental para a qualidade de vida da população (PES; ROSA, 2019)

A principal fonte de geração de energia no setor elétrico brasileiro é a hidrelétrica, devido à abundância de recursos hídricos no país, sendo produzida pela força das correntes da água dos rios, que transforma energia mecânica em energia elétrica, correspondendo com aproximadamente 60% na geração de energia no país (ANEEL, 2019). Todavia, apesar de ser uma energia renovável também causa impactos ao meio ambiente e à sociedade, devido à construção de barragens que geram o alagamento de grandes áreas para os reservatórios, o que acarreta a necessidade de deslocamento das comunidades ribeirinhas e prejudica a fauna e flora local, além dos possíveis perigos de rompimento de barragens, que podem causar graves problemas ambientais (ANEEL, 2019).

Sabe-se que a água é um elemento fundamental para a vida, sendo um recurso natural renovável devido ao ciclo hidrológico. Entretanto, as interferências humanas e o uso inadequado dos recursos hídricos provocam desequilíbrios ambientais que propiciam mudanças climáticas e crises no abastecimento de água nas zonas urbanas. Portanto, é necessário ter um consumo consciente e aderir a práticas sustentáveis para reuso e aproveitamento de águas pluviais principalmente nos edifícios, que são objetos deste estudo (PEREIRA; BORILE, ARNOLD, 2019).

A crise hídrica não está ligada apenas à má gestão e à falta de infraestrutura para o abastecimento de água. A falta de chuvas também provoca queda nos níveis dos rios, que não são capazes de suprir a demanda de energia da população, sendo necessário recorrer ao uso das termelétricas. Todavia, as UTE's contribuem para aumento da poluição atmosférica e da concentração de GEE's na atmosfera e também

apresentam um maior custo de operação, que reflete no custo da eletricidade para o consumidor (ANEEL, 2015).

Devido aos maiores custos da produção de energia pelas usinas térmicas foi criado, em 2015, um sistema de bandeiras tarifárias, classificadas por cores indicando ao consumidor quando haverá aumento na tarifa básica da conta de energia (ANEEL, 2015).

De modo a incentivar a eficiência energética dos edifícios foi criado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) em parceria com a Eletrobrás a Etiqueta de Eficiência Energética, que compõe o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Inicialmente, o Programa abrange apenas construções com área superior a 500 metros quadrados, sendo edifícios públicos e de serviços. Tem como objetivo incentivar a iluminação e ventilação naturais por meio de tecnologias passivas, reduzindo os gastos de energia elétrica em até 40%, de modo que, para as edificações receberem a etiqueta é necessário realizar três avaliações de eficiência: da envoltória, sistemas de iluminação e de ar condicionado, além de promover uma vantagem competitiva no mercado pela certificação das construtoras que aderirem ao PBE (PBE, 2019).

2.1.2 Setor da construção civil

A falta de consciência ecológica da construção civil no Brasil junto ao grande processo de migração ocorrido no século XX gerou uma crescente demanda por novas habitações, devido ao desenvolvimento econômico do país e aumento do padrão de vida populacional, gerando aumento do consumo energético e da produção de insumos, ocasionando diversos problemas ambientais (PASSUELLO et al., 2014).

O setor da construção é o que mais consome recursos naturais e energia. Os impactos se dão desde a retirada de matérias primas da natureza, a fabricação e o transporte dos produtos, execução em obra até a disposição final dos resíduos (sólidos, líquidos e gasosos). São estimados que 50% do total de resíduo produzidos pelas atividades humanas são decorrentes da indústria da construção (MMA, 2019).

É importante ressaltar que 30% da geração de resíduos são referentes a construção formal, sendo os outros 70% provenientes de reformas, pequenas obras e demolição (SINDUSCON, 2012). Este cenário ocorre devido à falta de qualidade de determinados produtos e a execução inapropriada das atividades construtivas, que muitas vezes resultam no retrabalho ocasionando perdas e baixa produtividade (ROTH; GARCIAS, 2009).

No Brasil, no ano de 2017, o setor da construção foi responsável por 5,2% do Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 6,5 trilhões de reais. Além de gerar muitos empregos proporcionando melhor desempenho econômico e social, também promove desenvolvimento do país (JESUS et al., 2018). Todavia, os métodos construtivos atuais consomem muita energia e recursos naturais, associado à geração de resíduos, sendo

responsáveis por uma parcela significativa dos GEE (CBIC, 2017). Fator que contribui com o aquecimento global acelerando as mudanças climáticas, sendo necessário buscar novas formas de atuação, por meio da inovação tecnológica e pelo uso equilibrado dos recursos naturais (ORESTES, 2015).

Em frente às mudanças climáticas que vem ocorrendo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) divulgou um relatório científico que estuda medidas para limitar o aquecimento global a 1,5°C em relação ao período pré-industrial, tendo como objetivo orientar o governo em suas decisões em relação aos seus compromissos climáticos nacionais em relação ao Acordo de Paris (WWF, 2018). O Acordo foi criado em 2015 com o objetivo promover uma resposta global frente às mudanças climáticas até 2030, para isso os países devem montar planos de ação a partir das Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC, na sigla em inglês) com o fim de reduzir as emissões de GEE (MMA, 2018).

O nosso modelo de desenvolvimento é o responsável pelo aumento dos níveis de pobreza, insegurança alimentar e instabilidade social, uma vez que o uso intenso de combustíveis fósseis aumenta a concentração de carbono na atmosfera gerando uma alteração do ciclo do carbono que afeta toda a sociedade. O carbono é um bom condutor de calor com isso ocorre grandes amplitudes térmicas, que é a diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima registradas num determinado período de tempo, que faz com que o consumo de energia na climatização seja maior, esses desequilíbrios térmicos deslocam massas de ar que contém umidade e calor, ocasionando o aumento da evaporação e tornando a atmosfera mais turbulenta que propicia o acontecimento de fenômenos extremos, como chuvas, vendavais, tornados, aumentando os riscos sobre áreas habitadas. (MASCARENHAS, 2014)

Contudo, a necessidade de se pensar no processo de desenvolvimento econômico junto a dimensão ambiental não é uma questão atual. Em 1972 a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou em Estocolmo, capital da Suécia, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, ficando conhecida por Conferência de Estocolmo, que foi importante para as primeiras abordagens sobre os problemas ambientais com uma visão global, além de produzir um Plano de Ação Mundial com o intuito de melhorar o ambiente humano promovendo sua preservação. (DIAS, 2007)

Essa conferência foi importante para se construir as bases do que mais tarde seria definido como o conceito de desenvolvimento sustentável. Em 1987 a Comissão Brundtland publicou um relatório denominado “Nosso Futuro Comum” (BUENO, 2010), nele foi expresso temas sobre recursos ambientais, poluição, consumo de energia, necessidades humanas, crescimento econômico dos países e pobreza (SENADO, 2019). Além do que hoje conhecemos como desenvolvimento sustentável, “o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades” (ONU, 2019).

Como vimos, o setor da construção está diretamente ligado ao desenvolvimento do país e para que seja considerado sustentável é necessário que suas atividades relacionadas ao ciclo de vida das construções minimizem impactos ambientais e maximizem os benefícios sociais e a viabilidade econômica do empreendimento (BARROS; PADILHA, 2016). Os edifícios verdes procuram criar soluções construtivas para os problemas ecológicos, por meio do uso de tecnologia e melhor seleção de materiais, visando atender às necessidades dos usuários em harmonia com meio ambiente (NASCIMENTO; LEÃO; ROCHA, 2016).

Segundo ASBEA (2019), foi realizado um estudo em parceria com o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) que indicou os princípios básicos de uma construção sustentável ligados às questões de qualidade ambiental interna e externa, redução do consumo energético, redução dos resíduos, redução do consumo de água, aproveitamento de condições naturais locais, implantação e Análise do Entorno, reciclar, reutilizar e reduzir os resíduos sólidos e inovação.

Outro grande avanço para o desenvolvimento sustentável são os selos verdes ou certificações. São atestados que documentam o cumprimento de pré-requisitos que tem por objetivo reduzir os impactos ambientais e o consumo de energia, seja para construção, reformas e operação de edifícios, (OLIVETI, 2010) além de promover a conscientização das pessoas envolvidas.

Os certificados mais utilizados no Brasil são, a LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), AQUA (Alta Qualidade Ambiental), Procel Edifica e o Selo Casa Azul Caixa (CONTO; OLIVEIRA; RUPPENTHAL, 2016). O Brasil ocupa o 4º lugar no ranking mundial de construções sustentáveis com mais de 530 projetos certificados pelo LEED, com um total de mais de 16.74 milhões de metros quadrados brutos de espaço certificado (GBC, 2019). Todavia, o setor da construção no Brasil ainda tem muitos desafios para superar e para se desenvolver entre eles encontra-se o déficit habitacional.

2.2 O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

A Constituição Federal de 1988 prevê em seu artigo 6º o direito à moradia, sendo um direito fundamental desde 1948 na Declaração Universal dos Direitos Humanos, que configura a moradia digna um direito fundamental para a vida (FREITAS, 2014). Portanto é uma obrigação do Estado promover programas de política pública que facilitem o acesso a moradias dignas à todos os cidadãos, com boas condições habitacionais e de saneamento básico (MARTINS, 2016).

O Brasil apresenta um déficit habitacional de mais de 6 milhões de moradias (censo de 2015) que corresponde à 33% da população total de 2019. O déficit habitacional está ligado às deficiências do estoque de moradias, podendo ser relacionado à quatro problemas: Às moradias com condições precárias de estrutura, às moradias onde ocorra coabitação familiar forçada (famílias diferentes que vivem em um

domicílio unifamiliar), às dificuldades dos moradores em arcar com o valor do aluguel e às habitações com grande densidade (FJP, 2018). Os dados foram coletados em Pesquisa Nacionais da Amostra Domiciliar (PNAD) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e são referentes ao ano de 2015 (CBIC, 2019) e estão expressos na Quadro 2.1, a seguir:

Quadro 2.1 - Déficit habitacional total e por componentes no Brasil e regiões (CBIC, 2018)

Especificação	Déficit habitacional				
	Total absoluto	Componentes			
		Habitação precária	Coabit. Familiar	Ônus excessivo aluguel	Adens. Excessivo
Região Norte	645.537	157.050	270.719	179.258	38.510
Região Nordeste	1.971.856	498.379	662.863	747.800	62.814
Região Sudeste	2.482.855	116.875	651.942	1.524.860	189.178
Região Sul	734.115	120.748	176.424	424.000	12.943
Região Centro-Oeste	521.381	49.579	140.543	301.854	29.405
BRASIL	6.355.743	942.631	1.902.490	3.177.772	332.850
<i>Total das RMs</i>	<i>1.829.941</i>	<i>96.788</i>	<i>538.526</i>	<i>1.049.536</i>	<i>145.091</i>
<i>Demais áreas</i>	<i>4.525.802</i>	<i>845.843</i>	<i>1.363.964</i>	<i>2.128.236</i>	<i>187.759</i>

Segundo o Relatório de Brundtland, “Nosso Futuro Comum”:

Um mundo onde a pobreza e a desigualdade são endêmicas estará sempre propenso às crises ecológicas [...]. O desenvolvimento sustentável requer que as sociedades atendam às necessidades humanas tanto pelo aumento do potencial produtivo como pela garantia de oportunidades iguais para todos (ONU, 2019).

Em resposta à crise econômica mundial instaurada entre 2007-2008, foi criado em 2009 o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) como forma de investimento do governo na economia, gerando empregos e renda através do setor da construção civil, de modo que para alcançar esse objetivo era

CAPÍTULO 2

necessário atender ao déficit habitacional quantitativo (BOHM, 2018), subsidiando a aquisição de moradias às famílias com renda até R\$1,8 mil e tornando a moradia acessível às famílias de baixa renda que vivem em locais de risco, promovendo condições especiais de financiamento. O Programa apresenta condições diferentes de acordo com a faixa de renda mensal de cada família (CAIXA, 2019), sendo:

Faixa 1 - Recursos FAR (Fundo de Arrendamento Residencial): Até R\$ 1,8 mil e o financiamento pode ser feito em até 10 anos, com prestações mensais que variam de R\$ 80,00 a 270,00, dependendo da renda bruta familiar. Sendo que o governo arca com a maior parte do custo do imóvel.

Faixa 1,5: Até R\$ 2,6 mil, com uma taxa de juros de 5% ao ano, com prazo de financiamento até 30 anos, com subsídios do governo de até R\$ 47,5 mil.

Faixa 2: Até R\$ 4 mil, com uma taxa de juros que pode variar de 5,5 a 7% ao ano, de acordo com a renda da família, com prazo de financiamento até 30 anos e subsídios do governo de até R\$ 29 mil.

Faixa 3: Até R\$ 7 mil apresenta uma taxa de juros de 8,16%, já com renda mensal até R\$ 9 mil e apresenta juros de 9,16% ao ano, com prazo de financiamento até 30 anos.

De 2009 a março de 2018 foram contratadas um total de 5.164.075 unidades, das quais foram concluídas 4.246.455, porém foram entregues apenas 3.787.200 moradias (MCIDADES, 2018), esse problema pode ser devido à falta de infraestrutura, como energia elétrica, que demora a chegar nos empreendimentos mesmo quando a obra já tenha sido concluída (BOHM, 2018).

Entretanto, mesmo com a construção de novas habitações o déficit mostrou um aumento de 0,3% de acordo com a última pesquisa feita da Fundação João Pinheiro no ano de 2015, devido à crise econômica e em especial ao aumento do aluguel (MCIDADES, 2019).

Também foram constatados diversos problemas recorrentes nas obras do Programa (Figura 2.1), alguns gerado pela falta de qualidade das construções e outras pela falta de infraestrutura local, já que os conjuntos habitacionais são construídos longe dos centros urbanos devido ao elevado preço da terra, que era um problema populacional devido à falta investimentos em mobilidade e em acesso as políticas públicas, que são direito do cidadão, como saúde, educação, saneamento e energia (BOHM, 2018).

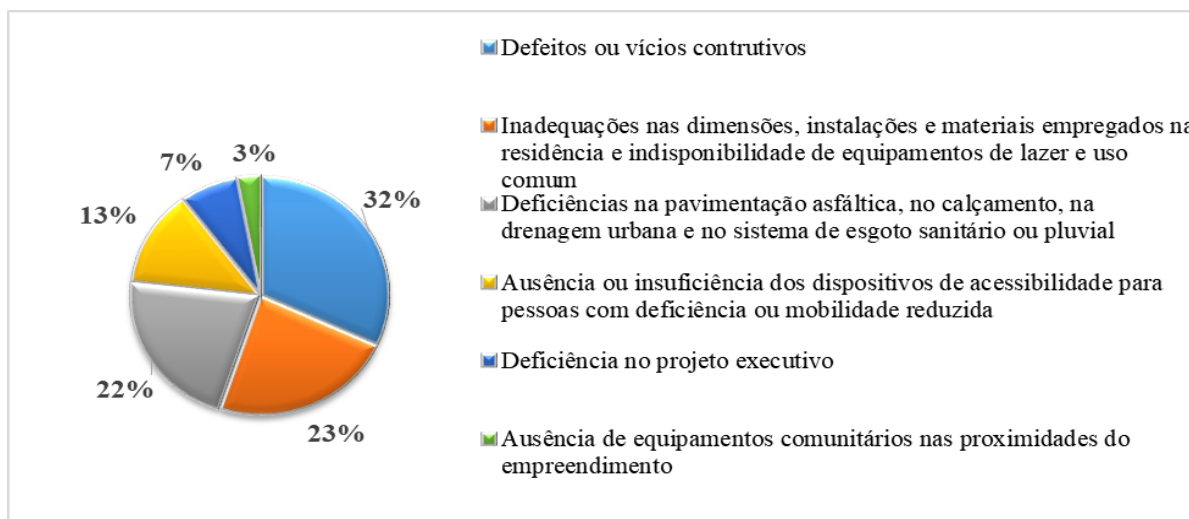


Figura 2.1 - Problemas na qualidade das habitações do PMCMV (Bohm, 2018)

A habitação deve ser constituída por um conjunto de três elementos: a unidade habitacional, a infraestrutura urbana, ou seja, redes de água e esgoto, iluminação pública, drenagem pluvial, pavimentação, redes de informação, etc. e os serviços urbanos, como transporte, saúde, educação, coleta de lixo, lazer, cultura, entre outros (PERISSINOTTO ; BARON, 2011).

É necessário revisar da política habitacional, de modo que a escolha dos locais de construção seja melhor, com uma boa estrutura urbana, além de estimular a população a alugar imóveis que estejam fechados por meio de incentivo financeiro (BOHM, 2018).

2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Eventos acontecidos no Oriente Médio em 1973 geram importantes consequências para todo o mundo, quando Egito e Síria uniram forças para atacar Israel com o principal motivo de recuperar seus territórios que foram conquistados durante a Guerra dos Seis Dias, em 1967, desencadearam a Guerra de Yom Kippur, que teve intervenção dos Estados Unidos, ONU e União Soviética para realizar o cessar-fogo. Como consequência para os países que apoiaram Israel, os árabes produtores de petróleo junto aos membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) boicotaram principalmente os Estados Unidos e países da Europa, restringindo venda do petróleo que fez com que o preço do barril subisse rapidamente, cerca de 400% em três meses (IPEA, 2010).

A crise perdurou pela década de 70 e junto dela veio a necessidade de reduzir as importações de petróleo e os gastos públicos, além de procurar outras formas de geração de energia (IPEA, 2010) que trouxe a conscientização de que o mais importante recurso produtor de energia era finito e estava se esgotando (TEIXEIRA, 2015). Este acontecimento representou uma oportunidade para buscar e organizar o sistema energético mundial sobre bases mais sustentáveis, descentralizando a produção de energia e

aumentando a participação de recursos renováveis na matriz energética mundial, fato que contribui para a eficiência energética (LUCON; GOLDEMBERG, 2009).

O setor energético tem a possibilidade de se desenvolver baseada no desenvolvimento sustentável além de estar conectado às dimensões: ambiental, social, econômica e política, uma vez que implicam na diversificação das fontes de energia, no uso racional dos recursos naturais e na diminuição do custo da energia.

Eficiência energética busca utilizar a energia de forma racional e consiste na relação entre energia gasta e produzida para realizar uma atividade, ou seja, gerar a mesma quantidade de energia com menos recursos naturais, ou realizar a mesma atividade com menos energia (EPE, 2019).

Há uma preocupação em mudar o paradigma construtivo, em busca da otimização dos processos construtivos e de uma melhor eficiência energética (CREA, 2009). A arquitetura é um fator crucial para aumentar a eficiência energética das edificações, sendo que os elementos que mais influenciam o consumo de energia de um edifício são cobertura e paredes, pois absorvem diretamente radiação vinda do sol que aumenta a temperatura interna durante o dia e perdendo esse calor para o exterior durante a noite, ocasionando oscilações térmicas que geram um maior gasto com sistemas mecânicos de climatização (MME, 2019).

2.4 CONCEITOS BIOCLIMÁTICOS

Um projeto de arquitetura que busca a integração entre clima e usuário prevendo uma boa eficiência energética da edificação, por meio do uso de técnicas arquitetônicas que enfatizem o uso de aquecimento, resfriamento e iluminação naturais, além de promover conforto aos usuários é chamado de arquitetura bioclimática (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

A expressão Projeto Bioclimático surgiu na década de sessenta e foi criada pelos irmãos Olgyay, que também foram responsáveis por desenvolver um diagrama que relaciona as condições externas, ou seja, os elementos do clima de um modo que satisfaçam as necessidades do conforto térmico do ser humano (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Tendo como referências o diagrama de Olgyay e carta psicrométrica, Givoni criou em 1969 uma Carta Bioclimática para Edifícios, que é utilizada até hoje (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). A ABNT Projeto 02:135.07-001/3, utiliza a Carta de Givoni como parâmetro para informar o zoneamento bioclimático brasileiro, tendo como objetivo definir as diretrizes construtivas para o desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social.

De acordo com ABNT (2005), NBR 15220, o território brasileiro foi dividido em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima, Figura 2.2, que foram resultantes de uma análise de dados obtidos entre 1931 a 1990, sendo classificados por meio da Carta Bioclimática de Givone adaptada, Figura 2.3.

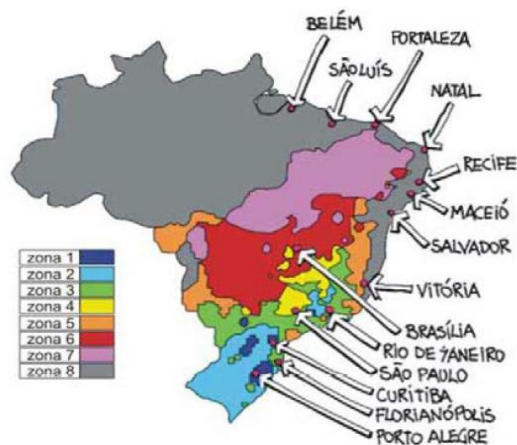


Figura 2.2 - Zonas bioclimáticas Brasileiras (Lamberts et al., 2014)

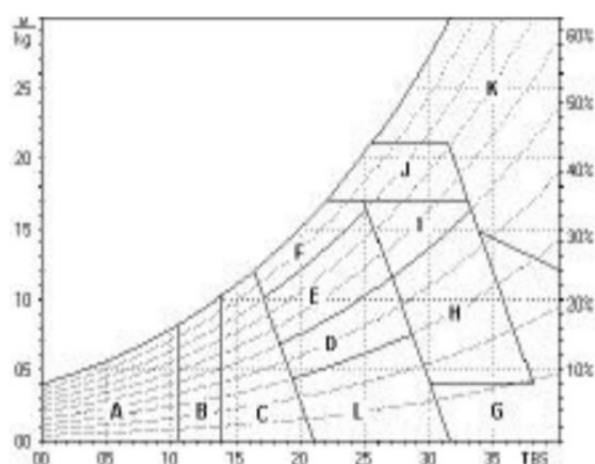


Figura 2.3 - Carta Bioclimática de Givoni adaptada ao Brasil (ABNT, 2005)

A base de dados climáticas tem como variáveis as médias mensais das temperaturas máximas e mínimas, além das médias mensais de umidades relativas do ar, sendo posteriormente colocados em uma carta bioclimática e divididas em zonas, que facilita na escolha da melhor estratégia a ser adotada em cada caso. A definição de cada zona destacada na Carta de Givoni é apresentada no Quadro 2.2 e a zona de conforto está expressa na Figura 2.4, a seguir:

Quadro 2.2 - Definição das Zonas em relação a Carta Bioclimática de Givoni (ABNT, 2005)

A	Zona de aquecimento artificial (calefação)
B	Zona de aquecimento solar da edificação
C	Zona de massa térmica para aquecimento
D	Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)
E	Zona de Conforto Térmico (NÃO PRECISA FAZER NADA!)
F	Zona de desumidificação (renovação do ar)
G + H	Zona de resfriamento evaporativo
H + I	Zona de massa térmica de refrigeração
I + J	Zona de ventilação
K	Zona de refrigeração artificial
L	Zona de umidificação do ar



Figura 2.4 - Zona de conforto (Lamberts et al., 2014)

É necessário aplicar estratégias bioclimáticas no projeto arquitetônico, para garantir por meio do desenho passivo a máxima utilização dos componentes naturais que visam proporcionar um maior conforto aos usuários sem que para isso seja necessário utilizar equipamentos mecânicos de aquecimento e arrefecimento do ambiente.

Para a formulação das diretrizes construtivas da norma se considera os seguintes parâmetros e condições de contorno (ABNT, 2005):

- tamanho das aberturas para ventilação;
- proteção das aberturas;
- vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura);
- estratégias de condicionamento térmico passivo;

2.5 TECNOLOGIAS

Com a crise do petróleo na década de 70 os edifícios também sofreram mudanças em prol de economizar energia, sendo que para diminuir as perdas energéticas a solução foi projetar edifícios mais fechados, com poucas aberturas para ventilação, esse maior isolamento reduzia as trocas de ar do interior com o exterior, que reduzia a energia gasta para refrigeração e circulação do ar, sendo necessário se preocupar apenas com a temperatura e umidade do ar interno (LEMOS, 1997).

Esses projetos inadequados acabaram por gerar nos um fenômeno chamado Síndrome dos Edifícios Doentes (SED) que foi reconhecida oficialmente pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1982, definindo como os principais sintomas da doença: prurido e ardor nos olhos, dor de cabeça, fadiga, letargia irritação do nariz e garganta, dificuldade de concentração e problemas cutâneos (SANGUESSUGA, 2012).

Diante desse contexto se percebe a importância da concepção de um bom projeto arquitetônico, que use de uma maneira inteligente os recursos naturais e proporcionar um ambiente interno com qualidade para seus ocupantes, aliadas aos princípios da sustentabilidade (CREA, 2009).

Segundo Mascarenhas (2014) a sustentabilidade pode estar ligada ao material, ou seja, na forma como este é aplicado na construção, ou pode estar ligada ao edifício, pela sua forma de utilização que depende das técnicas construtivas adotadas.

2.5.1 Passivas

Os sistemas passivos são dispositivos construtivos integrados ao edifício que permitem a aplicação das estratégias bioclimáticas nos edifícios. As estratégias bioclimáticas surgiram como um instrumento da construção sustentável, sendo fundamental para proporcionar uma boa eficiência energética dos edifícios através de alguns conceitos como: orientação (para uma maior exposição às brisas de verão, de forma que também apresente uma boa iluminação natural e bons ganhos solares), distribuição interna dos espaços, localização de aberturas e concepção da forma e volume do edifício, em prol de garantir bons

níveis de conforto luminoso, acústico e térmico para seus usuários (MELLO et al., 2017) de acordo com a com a Figura 2.5, a seguir:



Figura 2.5 - Forma e orientação do edifício (Lamberts et al., 2014)

2.5.1.1 Sistema de Aquecimento Passivo

O aquecimento solar passivo ocorre através da penetração da radiação solar nas edificações que diminui tanto a necessidade de aquecimento quanto a de iluminação dos espaços internos, já que tem por objetivo coletar e acumular energia solar durante o dia, de modo que seja possível sua distribuição por transferência no período da noite. (GONÇALVES; GRAÇA, 2004). A orientação solar adequada permite maior incidência de calor e luminosidade nas moradias, conforme demonstra a Figura 2.6, a seguir:

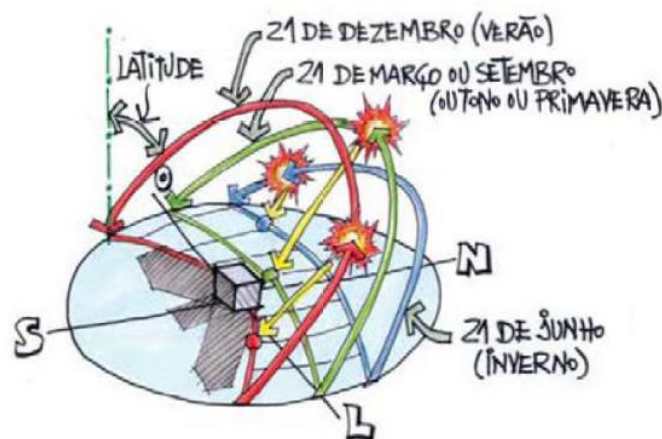


Figura 2.6 - Orientação solar (Lamberts et al., 2014)

2.5.1.1.1 Sistema de Ganho Direto

Permite a incidência direta da radiação solar nas massas térmicas envolvidas no interior do espaço, atenuando a amplitude térmica no interior do edifício. Sendo que para uma boa eficiência é necessário

obter uma boa orientação do edifício em relação ao sol e promover bom isolamento dos elementos do envolvente exterior (GONÇALVES; GRAÇA, 2004). Conforme a Figura 2.7, a seguir:



Figura 2.7 - Ganho solar direto (Lamberts et al., 2014)

2.5.1.1.2 Sistema de Ganho Indireto

A massa térmica (que pode ser uma parede de acumulação, ou um jardim de inverno) é posta entre a superfície de ganho direto e o espaço interno, essa técnica também é conhecida como parede de trombe, sendo que o calor é distribuído indiretamente para o interior e controlado pelo utilizador através de aberturas entre a zona quente da massa térmica e o espaço interno, que funciona através da convecção induzida que proporcionar a circulação do ar interno (GONÇALVES; GRAÇA, 2004). Conforme a Figura 2.8, a seguir:



Figura 2.8 - Ganho solar indireto (Lamberts et al., 2014)

2.5.1.2 Sistema de Arrefecimento Passivo

2.5.1.2.1 Ventilação natural

Essa estratégia é limpa, renovável e muito eficiente para diminuir a temperatura e controlar a umidade dos ambientes internos, além de ser um importante variável no conforto térmico, pois a velocidade do ar acelera as trocas de calor ao redor do corpo o que é muito vantajoso em climas quentes (LOPES, 2018).

A ventilação natural ocorre através da diferença de pressão existentes entre o exterior e o interior da edificação, seja por meio da ação direta dos ventos sobre a edificação ou por meio das diferenças de temperaturas entre o espaço interno e o ambiente externo. Além de ser muito importante por favorecer as trocas de ar e remover o calor no interior do edifício, para isso é necessário dimensionar e posicionar corretamente as aberturas das janelas, de modo que promova uma boa ventilação unilateral (simples) ou transversal (cruzada) (GONÇALVES; GRAÇA, 2004).

A ventilação cruzada (Figura 2.9) pode ter sua eficiência aumentada se conjugada com o efeito chaminé (Figura 2.10), já que o ar quente tende a se acumular nas partes elevadas, através da implantação de dispositivos como lanternins, exaustores eólicos, aberturas no telhado ou aberturas zenitais (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

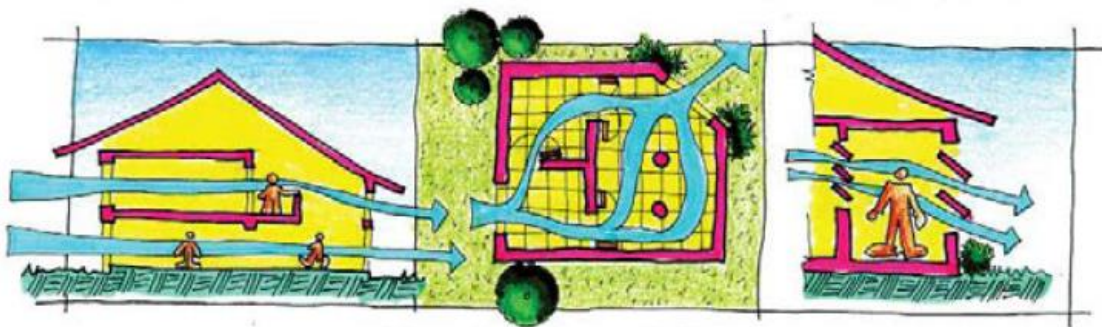


Figura 2.9 - Ventilação cruzada (Lamberts et al., 2014)



Figura 2.10 - Ventilação vertical - Efeito chaminé (Lamberts et al., 2014)

2.5.1.2.2 Arrefecimento evaporativo

Essa técnica consiste na retirada do calor do ar pela evapotranspiração das plantas ou pela evaporação da água, por meio de fontes, piscinas e lagos artificiais, ou ainda por meio de sistemas de injeção de água tipo spray no ar exterior, resfriando-o antes de entrar na edificação (GONÇALVES; GRAÇA, 2004). Conforme demonstrado nas Figuras 2.11 e 2.12, a seguir:

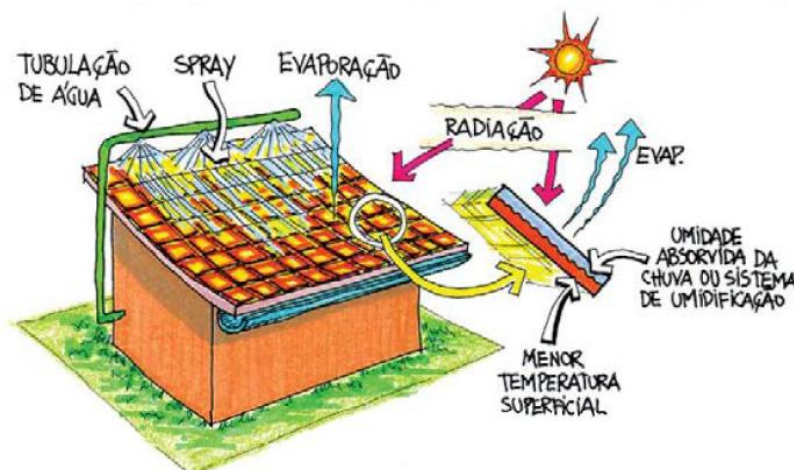


Figura 2.11 - - Método spray (Lamberts et al., 2014)

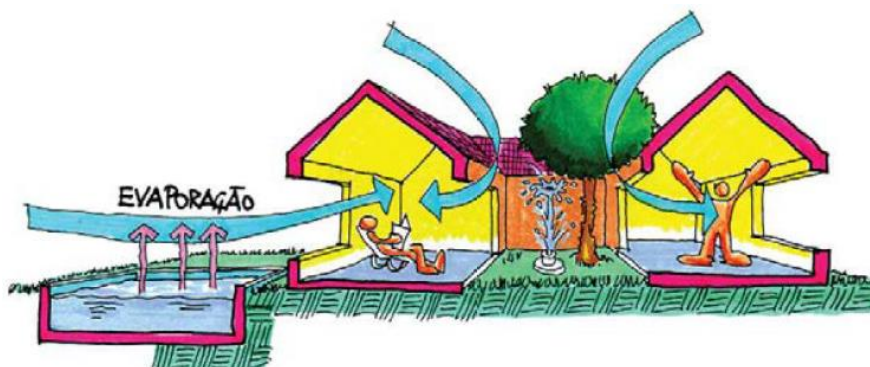


Figura 2.12 - Fonte e espelho d'água (Lamberts et al., 2014)

A implantação de um jardim sobre o telhado é uma técnica de resfriamento evaporativo indireto que contribui para o benefício térmico da construção e também proporcionar o aumento da vida útil da cobertura, sendo realizado o plantio de uma camada de substrato e vegetação com diferenças de altura, criando uma camada de ar responsável por produzir um efeito de isolamento que protege a cobertura contra radiação, além de diminuir as amplitudes térmicas que permite preservar as propriedades mecânicas do material betuminoso dobrando o tempo de vida útil da membrana de impermeabilização (AGUIAR; FEDRIZZI, 2010). Demonstrado na Figura 2.13, a seguir:

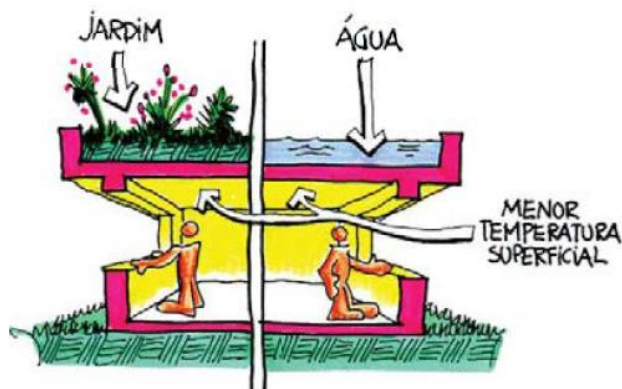


Figura 2.13 - Telhado verde (Lamberts et al., 2014)

A preservação de vegetação no entorno das edificações também ajuda no arrefecimento, formando um microclima mais fresco, já que a vegetação consome a grande parte da energia solar para realizar a fotossíntese e outra parte para a evapotranspiração. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Conforme Figura 2.14, a seguir:

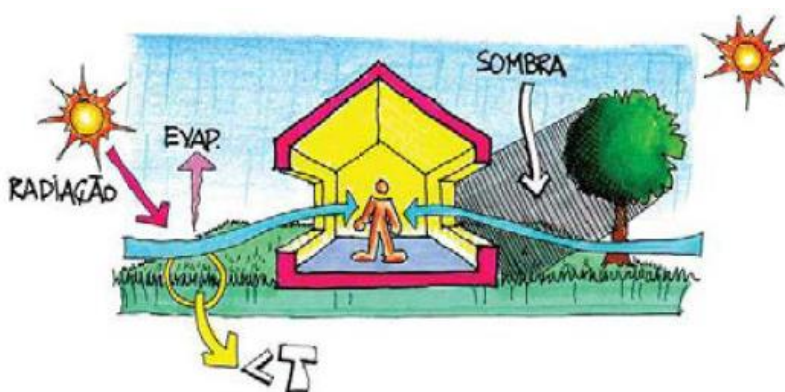


Figura 2.14 - Resfriamento evaporativo com áreas arborizadas (Lamberts et al., 2014)

2.5.2 Ativa: Solar Térmico

A energia solar é a mais limpa e abundante do planeta possibilitando o aproveitamento térmico tanto para o aquecimento de espaços internos das edificações, com o uso de técnicas de aquecimento solar passiva estudadas anteriormente, ou para aquecimento de água e geração de energia fotovoltaica, que são conhecidos como sistemas de aquecimento solar ativo (CRUZ, 2016).

Os sistemas de distribuição de energia elétrica apresentam um “horário de ponta”, ou seja, no período das 18 às 21 horas ocorre um aumento da demanda de energia elétrica, sendo seu pico em torno das 19h. Este fato ocorre em especial pelo aumento do uso dos chuveiros elétricos nas residências, apresenta baixo fator de carga (NASPOLINI, 2010).

Diferente dos países da Europa que utilizam o sistema de aquecedor a gás para esquentar a água para o banho, no Brasil é utilizado na maior parte das moradias o chuveiro elétrico, que foi desenvolvido na

década de 1940. As peças que constituem um chuveiro elétrico são basicamente o resistor imerso em um recipiente (chuveiro) no qual circula água e uma membrana de borracha, chamada de diafragma. A água exerce pressão sobre o diafragma, que faz o acionamento da chave elétrica, fechando o circuito, o que permite o funcionamento do chuveiro através da resistência que aquece e transmite calor para a água (MATAJS, 1997).

A O Aquecimento de água para banho é um dos grandes responsáveis pelos problemas energéticos enfrentados no país (NASPOLINI, 2010), o chuveiro elétrico é responsável, em média, por 30% do consumo de energia elétrica em uma residência (UNICAMP, 2014), este fator é uma motivação para investimento em painéis solares térmicos para aquecimento da água do banho, que além ser uma energia renovável também ajuda a população de baixa renda na economia de energia elétrica (PEREIRA et al., 2006).

ANEEL estabelece critérios para classificação de unidades residenciais através da Lei 10.438, que engloba as residências que têm consumo mensal entre 80 e 220 quilowatts-hora (kWh). As unidades com consumo mensal até 80 kWh são consideradas de Baixa Renda (246/02), já para obter o direito ao benefício da chamada tarifa social as unidades devem apresentar: consumo médio até 220 kWh, renda mensal per capita da família de no máximo meio salário mínimo e estar inscrito em algum programa social do Governo (ANEEL, 2016).

Considerando cinco banhos diários de 8 minutos em uma residência que apresenta um chuveiro elétrico de 5.500 W de potência apresenta cerca de 110,55 kWh/mês (EFLUL, 2019) Portanto fica claro que a população de baixa renda precisa que o Governo incentive a implantação de painéis solares para aquecimento de água para o banho, que além de ajudar na causa social acarreta numa menor necessidade de investimento em usinas hidrelétricas, ocasionando maior preservação da natureza (NASPOLINI, 2010).

As principais vantagens para adoção do sistema de aquecimento solar no Brasil são: possibilidade de compatibilização com a rede hidráulica convencional, baixo custo de operação e manutenção, geração de emprego e renda, grande economia de energia elétrica e gás, fácil substituição do sistema de aquecimento elétrico ou a gás, vida útil prolongada do sistema, inexistência de remuneração por insumo energético, fácil implantação e poucas interferências nas edificações, menor exposição ao aumento de tarifas de energia, utilizar o Sol como fonte de energia: gratuita e limpa. Além de apresentar grandes vantagens para os agentes ligados à construção civil, já que acarretam no menor custo com rede de distribuição de energia elétrica na obra e maior competitividade dos empreendimentos face à maior modernidade tecnológica (PATTO, 2009).

Os painéis solares funcionam através da absorção da radiação solar por placas coletoras que transmitem o calor para a água que circula confinada em tubos de cobre, depois de aquecida é armazenada em um boiler que preserva a água quente (CRUZ, 2016). Modelo expresso na Figura 2.15, a seguir:

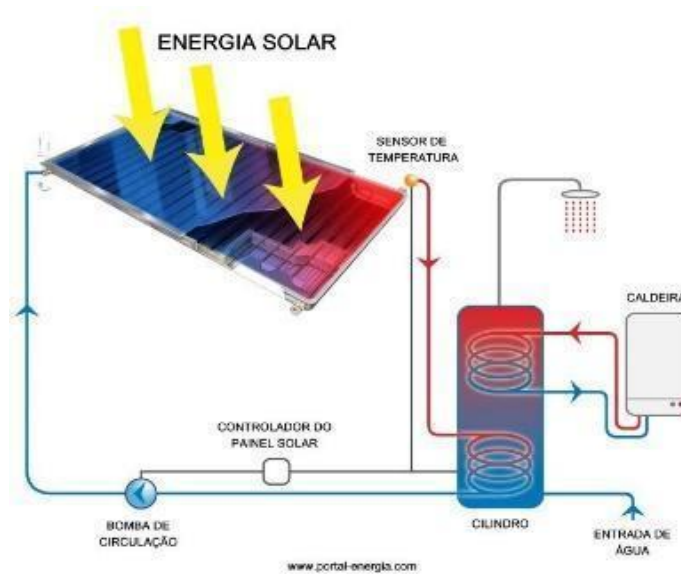


Figura 2.15 - Painel solar térmico (Portal Energia, 2018)

2.5.3 Captação de água pluvial

A preocupação com a preservação de recursos hídricos e energéticos é crescente, já que o acesso à água e energia são de necessidades básicas da população. Nos últimos anos houve um aumento do crescimento populacional nos centros urbanos e conseqüentemente a demanda por água também aumentou afetando a disponibilidade dos recursos hídricos (PINHEIRO, ARAÚJO, 2016), com isso a busca por fontes alternativas de recursos é necessária para conservar a água existente e permitir sua disponibilidade para as gerações atuais e futuras (GONÇALVES, 2009).

O aproveitamento de água pluvial (água das chuvas) é uma boa proposta a ser adotada nas edificações, já que é um recurso natural e abundante, disponibilizado nos telhados e, portanto, não deve ser desperdiçado (REVINT, 2017).

O uso do sistema de aproveitamento de água pluvial apresenta tanto vantagens ambientais pois promove o aumento da segurança hídrica para atender o crescimento populacional e/ou para atender áreas deficientes de abastecimento, apresenta baixo impacto ambiental e reduz os riscos de enchentes. Além de proporcionar vantagens econômicas, pois, reduz os custos proporcionados por inundações e alagamentos, diminui os custos energéticos do transporte (que representa de 25 a 45% do custo total da água), pois não serão necessários grandes investimentos na captação da água em mananciais cada vez mais distantes das concentrações urbanas para atender a demanda diária e a de pico, além de reduzir os custos do tratamento, pois a água terá o nível qualidade aceitável para seu uso (LIMA et al., 2011).

A NBR 5626/1998 afirma que água não potável pode ser utilizada para limpeza de bacias sanitárias e mictórios, para combate a incêndios e para outros usos onde o requisito de potabilidade não se faça necessário. Essa medida traz grande benefício social e econômico para as famílias de baixa renda, que

podem utilizar das águas pluviais para descarga, combate a incêndio, entre outros (ABNT, 1998). Podendo diminuir aproximadamente 36% das despesas da conta de água no mês (REVINT, 2017), como mostra a Figura 2.16 abaixo:

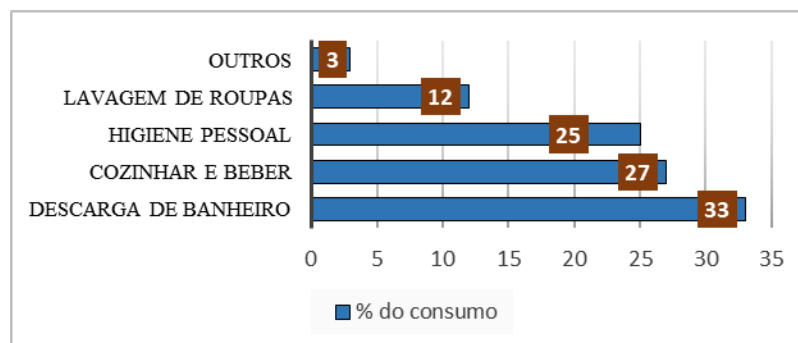


Figura 2.16 - Distribuição do consumo de água tratada nas residências (ICOS – Reuso de água)

O sistema de aproveitamento de água da chuva funciona da seguinte forma (Figura 2.17): A captação de água da chuva é feita pelas lajes de cobertura e/ou pelos telhados, o transporte é realizado pelas calhas e condutores até o sistema de armazenamento, que é a cisterna, porém antes disso é necessário realizar a retenção dos materiais grosseiros. A água recolhida nos primeiros minutos é descartada para o sistema de drenagem pluvial já que apresenta maior carga poluidora. Por fim realizado o tratamento do restante que irá ser armazenado, por meio da utilização de filtros de areia ou múltiplas camadas, que retiram a carga poluidora da água e em seguida é realizado a desinfecção do sistema por meio da cloração, que elimina os micro-organismos. A água então é armazenada e distribuídas para os pontos de utilização (TREVIZAN, 2017).

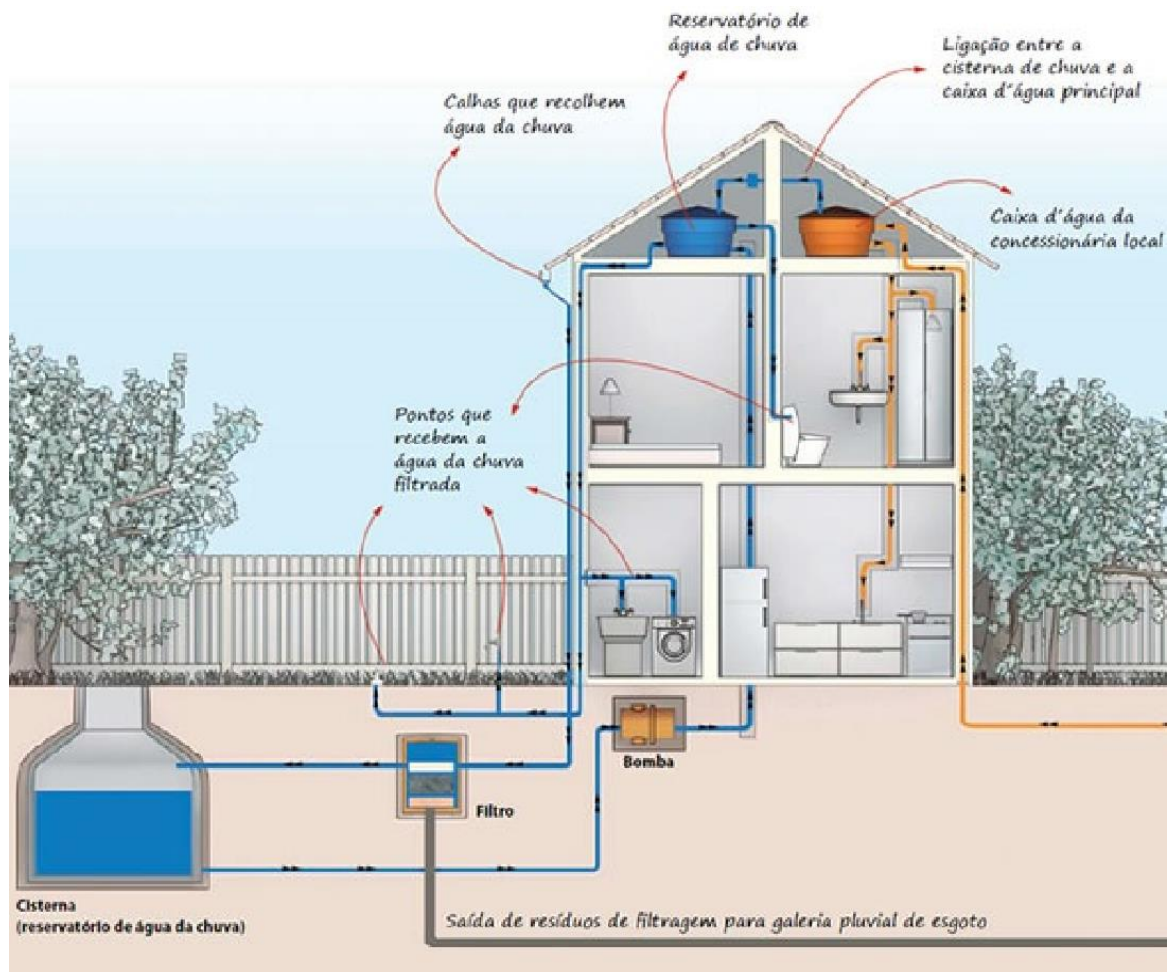


Figura 2.17 - Sistema de aproveitamento de água de chuva em uma residência (Trevizan, 2017)

CAPÍTULO 3

PESQUISA PRÁTICA

3.1 APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO

A obra está localizada no município de Cotia, São Paulo, situada na Estrada Velha do Lageado, nº 200. O empreendimento é denominado Reserva das Aves e faz parte do Programa Minha Casa Minha Vida, faixa 2, o modelo dos edifícios está expresso na Figura 3.1, a seguir:



Figura 3.1 - Modelo dos edifícios do Empreendimento Reserva das Aves (Bevilacqua, 2018)

O empreendimento em estudo possui uma área total de 318.789 m², sendo 57,87% correspondente às áreas verdes e 23,32% correspondente aos lotes, apresentados na figura 3.2 a seguir, que foram divididos em 9 fases de execução: Residencial Beija-flor, com 3 torres e 132 apartamentos, Residencial dos Canários, com 4 torres e 168 apartamentos, Residencial Bem-te-vi, com 3 torres e 128 apartamentos, Residencial das Juritis, com 4 torres e 168 apartamentos, Residencial das Araras, com 3 torres e 144 apartamentos, Residencial das Maritacas, com 6 torres e 200 apartamentos, Residencial dos Sabiás, com 2 torres e 88 apartamentos, Residencial dos Tucanos, com 6 torres e 180 apartamentos e Residencial das Andorinhas, com 5 torres e 200 apartamentos (BEVILACQUA, 2018).

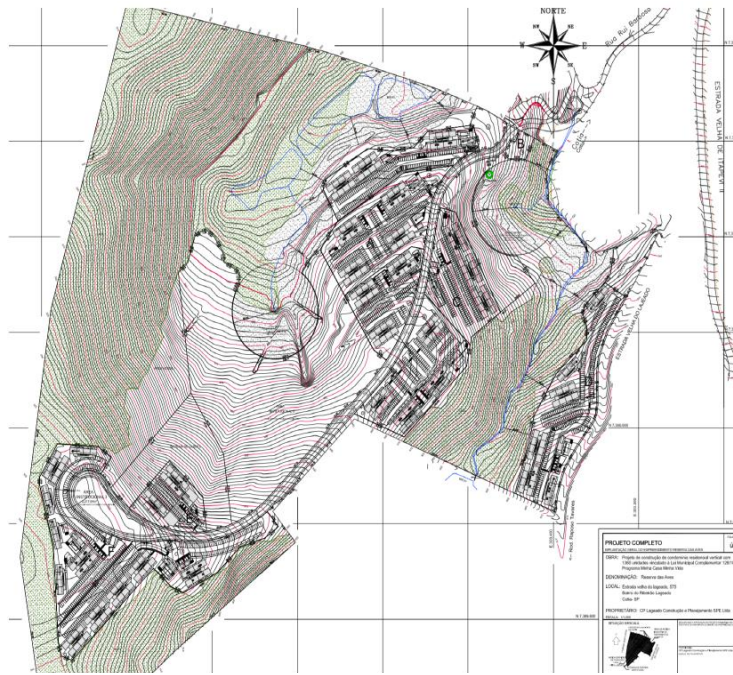


Figura 3.2 - Implantação do Empreendimento (Bevilacqua, 2018)

Ao todo serão construídas 36 torres, cada uma apresenta piso térreo mais 4 pavimentos, entretanto em algumas torres devido a topografia do terreno terão mais um piso inferior com apartamentos. Todos os pavimentos apresentam 8 apartamentos (Figura 3.3), sendo que no piso inferior e em torres de menor área serão apenas 4 apartamentos.

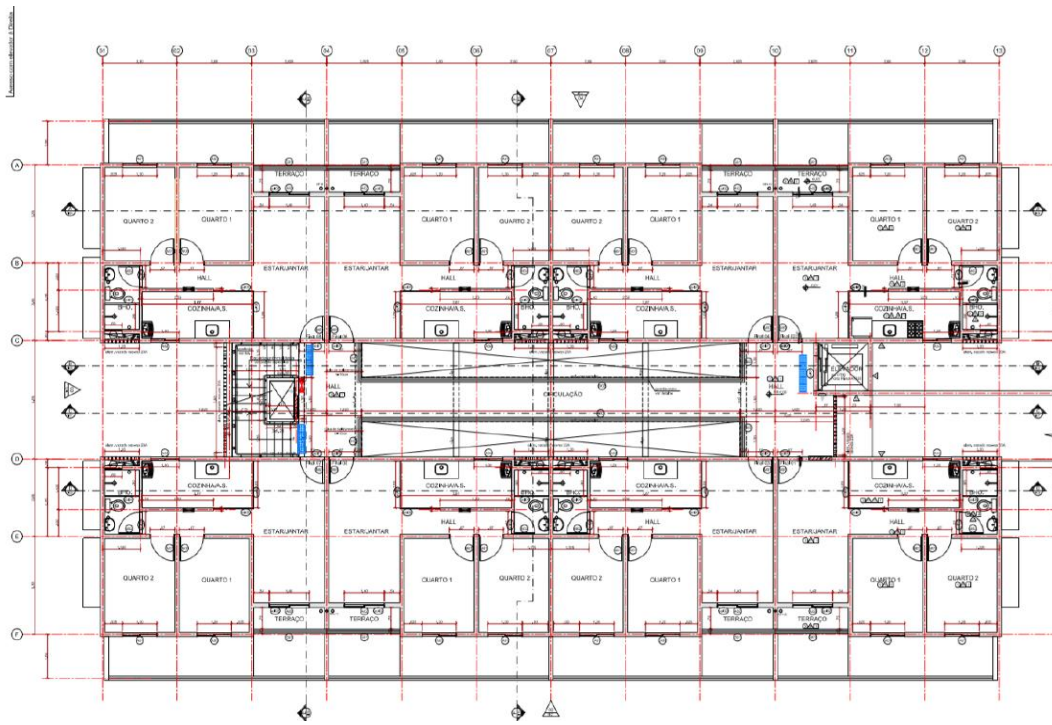


Figura 3.3 - Modelo pavimento tipo (Bevilacqua, 2018)

Foi utilizado como objeto de estudo o Bloco B, correspondente ao Residencial Beija – Flor pois está quase concluído e apresenta uma inclinação de aproximadamente 135°, em relação ao Norte, conforme mostra a Figura 3.4, a seguir.



Figura 3.4 - Ampliação Residencial Beija-Flor (Bloco B) (Reserva das aves, 2019)

Os apartamentos apresentam 48 m² de área útil distribuídos entre: 2 quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço e terraço. Conforme mostra a Figura 3.5, a seguir:



Figura 3.5 - Modelo do apartamento mobilhado (Reserva das aves, 2019)

3.2 MATERIAIS EMPREGADOS

Para a estrutura da obra foi feita a fundação em radier e foi utilizado alvenaria estrutural, com lajes de concreto armado pré-moldado entre os pavimentos. As paredes externas e internas receberam uma camada de chapisco com argamassa e depois foram rebocadas, entretanto internamente as paredes também foram revestidas de gesso e receberam uma camada de isolante acústico, com bases de polímero acrílico, na laje dos dormitórios. Nas paredes da cozinha, banheiro e área de serviço foram instalados azulejos de porcelanato.

Na cobertura foi feito a impermeabilização com manta asfáltica em cima da laje pré-moldada, sendo posteriormente colocadas as telhas de fibrocimento, conforme mostra a Figura 3.6, a seguir.



Figura 3.6 - Cobertura impermeabilizada e com telhas de fibrocimento (Bevilacqua, 2018)

3.3 DADOS BIOCLIMÁTICOS

A cidade de Cotia, onde se localiza o empreendimento, faz parte da mesma zona bioclimática que a cidade de São Paulo. Por meio da ferramenta ProjetEEE foi possível obter os dados das temperaturas (Figura 3.7) e umidade do ar (Figura 3.8) dos meses do ano, que quando inseridos na carta de Givoni é obtido a zona bioclimática da cidade (ABNT, 2005).

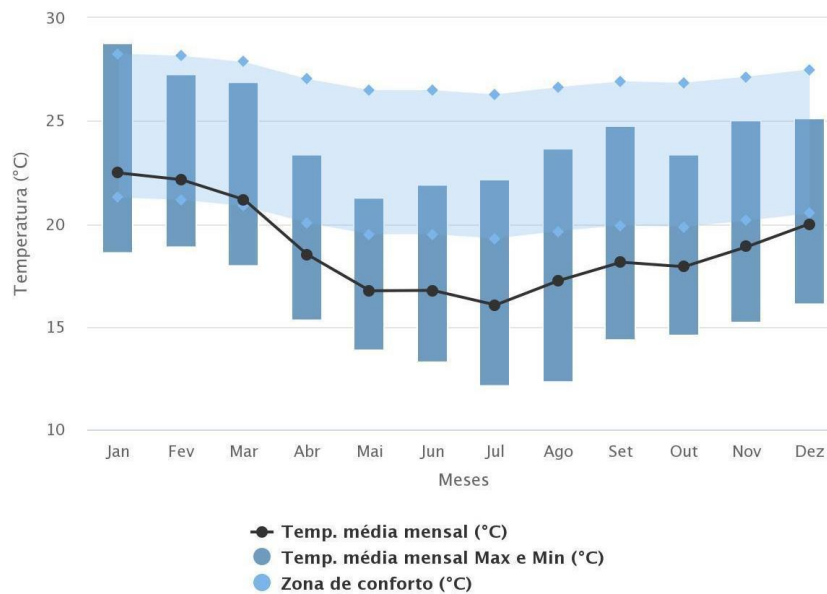


Figura 3.7 - Temperaturas e zona de conforto (ProjetEEE, 2019)

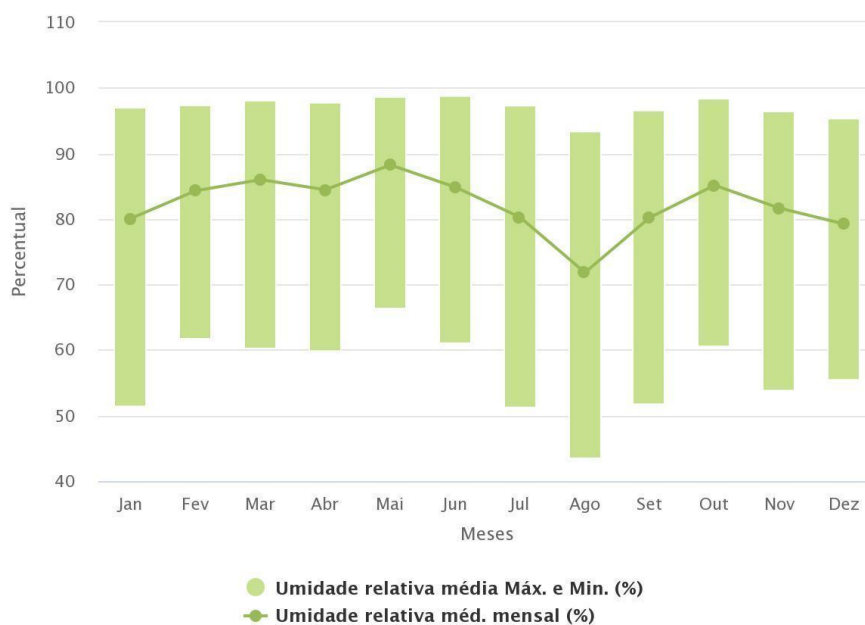


Figura 3.8 - Umidades relativas (ProjetEEE, 2019)

O critério de classificação bioclimática que se enquadram à São Paulo é referente a zona bioclimática 3 (B é obrigatório e D e H são proibidos), conforme o Quadro 3.1. As construções nesta zona são expostas à sazonalidade climática, um exemplo da carta bioclimática adotado foi relativo à cidade de Florianópolis, que também pertence a zona Z3 (ABNT, 2005), conforme a Figura 3.9, onde as estações de verão e inverno são bem definidas e representa 6,5% do território brasileiro, (PROJETEEE, 2019). O detalhamento das recomendações construtivas, a serem adotadas visando otimizar o desempenho térmico das edificações, na Z3, estão expressas no Quadro 3.2, a seguir:

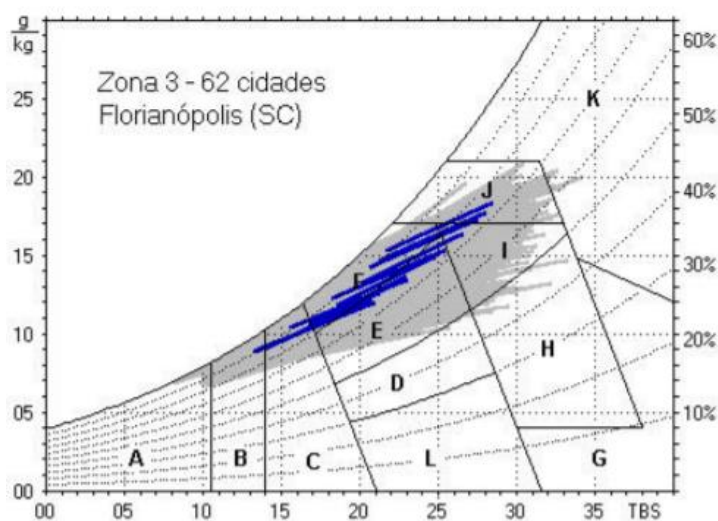


Figura 3.9 - Carta bioclimática da cidade de São Paulo (ABNT, 2005)

Quadro 3.1 - Critérios para classificação bioclimática (ABNT, 2005)

A	B	C	D	H	I	J	Zona
SIM					NÃO	NÃO	1
SIM							2
	SIM		NÃO	NÃO			3
	SIM						4
		SIM	NÃO	NÃO			5
		SIM					6
				SIM			7
			NÃO				8

Quadro 3.2 - Detalhamento das estratégias a adotar para Z3 (ABNT, 2005)

Estratégia	Detalhamento
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.

CAPÍTULO 4

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

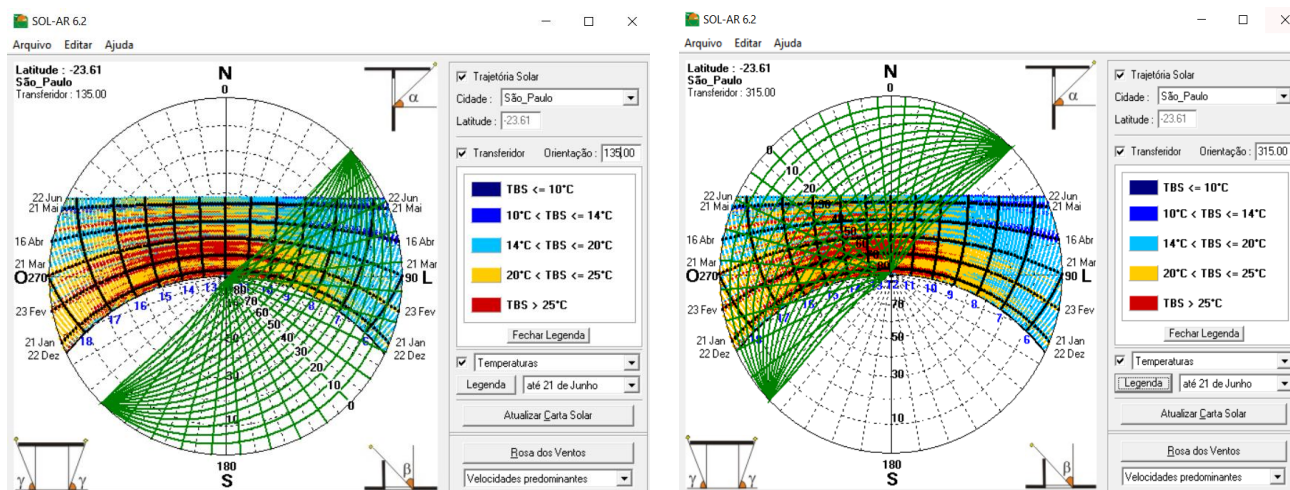
A zona bioclimática 3 proporciona 63% do ano desconforto térmico por frio e 15% de desconforto por calor, sendo apenas 22% do ano de conforto térmico (MMA, 2019). No Brasil a preocupação com o desempenho das edificações é recente e foi expressa através da norma de desempenho em edificações habitacionais (NBR 15.575), que estabelece requisitos mínimos de qualidade nas habitações que estão associadas ao cumprimento das exigências de conforto e segurança das residências (SORGATO, 2014).

A NBR 15.575 está dividida em 6 partes, sendo que o desempenho térmico em edificações relaciona as partes 1, 4 e 5 da norma, ou seja, a parte 1 estabelece três procedimentos para avaliação da adequação das habitações: procedimento simplificado, simulação e medição. O procedimento simplificado (normativo) busca o atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas por meio da avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos estabelecidos nas NBR 15.575 partes 4 e 5. Entretanto os resultados forem insatisfatórios, deve ser feita a avaliação do desempenho térmico da edificação como um todo pelo método da simulação computacional (ABNT, 2013).

4.1.1 Adequação dos Elementos Construtivos

Foi obtido pela ferramenta Analysis SOL-AR a carta solar da cidade de São Paulo, sendo possível obter a incidência da radiação solar sobre o objeto de estudo, Residencial Canários (Bloco B).

A face sudeste (SE), possui uma orientação de 135° e tem incidência solar das 06h às 12h, com temperaturas mais amenas, já a face voltada para noroeste (NO), possui uma orientação de 315° e apresenta incidência solar do 12h às 18h com temperaturas mais elevadas, conforme Figura 4.1.



a) Face sudeste do edifício

b) Face noroeste do edifício

Figura 4.1 - Carta solar (Analysis SOL-AR)

Uma observação a ser feita é em relação à simetria do pavimento tipo, pois é um fator que não trás o mesmo conforto térmico á todos os usuários, já que os apartamentos a noroeste serão mais quentes em relação ao apartamentos a sudeste, que receberem menor radiação solar durante o dia e por não disporem dos vãos envidraçados ao norte. Entretanto, é uma questão necessária para as construtoras e incorporadoras já que é a alternativa trás maior retorno economico devido ao maior número de unidades que serão vendidas.

O aquecimento solar passivo apresenta 13% de aplicabilidade durante o ano, principalmente no inverno, durante o período da noite/madrugada e manhã. Para o aquecimento solar passivo é necessário dispor de superfícies envidraçadas ou aberturas na direção de maior incidência solar, no caso do Brasil, essa face deve ser voltada ao norte. Como durante a noite as temperaturas caem é necessário utilizar materiais de elevada inércia térmica e esquadrias herméticas para impedir entrada de ar frio (PROJETEE, 2019).

Seria interessante o uso de dispositivos de proteção externos da face oeste (O), que recebe a maior taxa de radiação solar no dia, para controlar o aumento de temperatura nos ambientes internos que é causada pelo ganho excessivo de calor provocado pela incidência solar na edificação é necessário fazer o uso de dispositivos de sombreamento que promovam a proteção contra radiação solar (LOPES, 2018).

Já a inércia térmica tem 58% de aplicabilidade durante o ano, principalmente nas estações da primavera e outono, durante a noite. A elevada inércia térmica permite diminuição das amplitudes térmicas internas, ou seja, não apresenta grandes diferenças de temperaturas durante todo o dia, isso se deve a alta capacidade de armazenar calor dos materiais, que libera essa energia térmica armazenada aos poucos (MMA, 2019). A quantificação da inércia térmica é apresentada na Equação (4.1) (INCM, 2017).

$$I_t = \sum M_{si} \cdot r \cdot S_{ii} / A_p \quad (4.1)$$

Em que:

M_{si} – Massa Superficial útil do elemento i , [kg/m²]

r – Fator de redução da massa superficial útil

S_i – Área da superfície interior do elemento i [m²]

A_p – Área interior útil do pavimento, [m²]

Os blocos de concreto de (14x19x39cm) pesam 11,7 kg, em 1m² de parede são utilizados aproximadamente 15 blocos, pesando 175,50 kg e apresenta resistência térmica 0,16 m².Kw (SANTOS et. al, 2015), já a laje e o teto pesam 250 kg/m² pois são constituídas de concreto armado que apresenta um peso específico de 2500 kg/m³ (PROTOLAB, 2019) e resistência térmica de 0,06 m².Kw (ABNT, 2005). Como os elementos construtivos dividem dois ambientes são considerados metade de sua espessura e peso, já que a outra metade estará no recinto vizinho (INCM, 2017).

Foi analisado um dormitório do apartamento que apresenta área de 2,45 x 3,20 m² e pé direito de 2,80 m. Como a resistência das paredes está entre 0,14 e 0,30 m².Cº/W seu fator de redução será 0,5. Já o piso/teto possui resistência menor que 0,14 e, portanto, fator igual à 1 (INCM, 2017).

Foi feita uma simples análise da inércia térmica, para efeito de cálculo foram considerados apenas três paredes de alvenaria com blocos de concreto (desconsiderando os envidraçados e a porta) e a laje e teto de concreto maciço.

$$I_t = (\sum_i [(M_{si} \cdot r \cdot S_i)_{\text{Parede}} + (M_{si} \cdot r \cdot S_i)_{\text{Piso/teto}}]) / A_p$$

$$\text{Paredes} = (175,5/2) \cdot 0,5 \cdot ((2,45 \cdot 2,80) + (2 \cdot 3,20 \cdot 2,80)) = 1.087,22$$

$$\text{Piso/teto} = (250/2) \cdot 1 \cdot (2,45 \cdot 3,20) = 390,45$$

$$I_t = (\sum_i [1.087,22 + 390,45]) / (2,45 \cdot 3,20) = 178,15 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

Pode-se observar com essa simples análise que a inércia térmica é média (Quadro 4.1), ou seja, na prática considerando os revestimentos, vãos envidraçados e porta, a inércia seria ainda maior, sendo satisfatório para a zona 3, já que as paredes internas pesadas podem contribuir para uma temperatura interna agradável e estável.

Quadro 4.1 - Classes de inércia térmica [kg/m^3] (INCM, 2017).

Classe de inércia térmica	It [kg/m^2]
Fraca	It < 150
Média	$150 \leq \text{It} \leq 400$
Forte	It > 400

A NBR 15575 parte 4, sistemas de vedações verticais internas e externas, e parte 5, sistemas de cobertura, possuem classificação de inércia térmica segundo alguns requisitos: Apresentar transmitância térmica, Quadro 4.2, e capacidade térmica, Quadro 4.3, que proporcionem pelo menos desempenho térmico mínimo estabelecido nos dois critérios para cada zona bioclimática (ABNT, 2013).

Quadro 4.2 - Transmitância térmica (U) das paredes externas [$\text{W/m}^2.\text{K}$] (ABNT, 2013).

Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 8	Zonas 3 a 8
U ≤ 2,5	¹ $\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
	² U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

¹ Difusividade térmica: absorvência à radiação solar da superfície externa da cobertura. (Pinturas na cor branca, amarela, verde clara e alumínio: $\alpha \leq 0,6$ e na cor verde escura, vermelha e preta: $\alpha > 0,6$)

² Transmitância térmica: Inverso do somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais interna e externa.

Quadro 4.3 - Capacidade térmica (Ct) das paredes externas [$\text{kJ/m}^2.\text{K}$] (ABNT, 2005).

Zonas 1 a 7	Zona 8
¹ CT ≥ 130	Sem requisito

¹ Capacidade térmica: Quociente da quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema, pela sua área.

Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das coberturas, considerando fluxo térmico descendente, em função das zonas bioclimáticas estão expressos no Quadro 4.4, a seguir:

Quadro 4.4 - Transmitância Térmica (U) [W/m²K] (ABNT, 2005).

Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8		Nível de desempenho
U ≤ 2,30	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4	M
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3FV	U ≤ 1,5FV	
U ≤ 1,5	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4	I
	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5FV	U ≤ 1,0FV	
U ≤ 1,0	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4	S
	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0FV	U ≤ 0,5FV	

Por meio dos valores admissíveis das características térmicas dos elementos construtivos, foi possível estudar por meio a ferramenta ProjetEEE os componentes das vedações externas (Quadro 4.5) e da cobertura (Quadros 4.6 e 4.7) do edifício e analisar se este satisfaz ou não os parâmetros definidos pela norma.

As paredes externas do edifício são compostas por uma camada de gesso interno (e = 0,5 cm), bloco de concreto (14 cm x 19 cm x 39 cm) e argamassa na face externa (e = 2,5 cm), que apresentam transmitância térmica e capacidade térmica, respectivamente, segundo ProjetEEE (2019), U = 2,8 < 3,7 e Ct = 212,2 > 130. Portanto, todos os requisitos satisfazem a norma NBR 15575.

Quadro 4.5 - Análise das vedações externas (ProjetEEE, 2019)

PAREDE - Real	
Material	Espessura (cm)
Gesso interno	0,5
Bloco concreto	14x19x39
Argamassa	2,5
a	0,4
U	2,8
Ct	212,2

A cobertura foi estudada em suas duas partes. Primeiramente, foi analisado o telhado, Quadro 4.6, que é composto por laje maciça ($e = 11$ cm), câmara de ar ($e = 5$ cm) e telha de fibrocimento ($e = 0,8$ cm), apresentando, segundo ProjeTEEE (2019), $U = 2,06 < 2,3$ e que satisfaz a norma.

Quadro 4.6 - Análise da cobertura com telhado (ProjeTEEE, 2019)

COBERTURA (Telhado) - Real	
Material	Espessura (cm)
Laje Maciça	11
Câmara de ar com fluxo descendente	5
Telha fibrocimento	0,8
a	0,6
U	2,06
Ct	233

A seguir, foi analisada a laje da cobertura, Quadro 4.7, composta por laje maciça ($e = 11$ cm), manta asfáltica aluminizada com proteção mecânica ($e = 0,4$ cm), apresentando, também segundo ProjeTEEE (2019), $U = 2,7 > 2,3$ e, logo, não satisfaz a norma. Portanto, seria necessário aumentar a resistência desse elemento e uma maneira interessante de obter esse resultado seria adicionar uma camada de Poliestireno Expandido (EPS), conhecido como Isopor, que tem como características a leveza, capacidade de isolamento térmico e baixo custo (ARTERM, 2019).

Quadro 4.7 - Análise da laje da cobertura (ProjetEEE, 2019)

COBERTURA (Laje)- Real		COBERTURA	
Material	Espessura (cm)	Material	Espessura (cm)
Laje Maciça	11	Laje Maciça	11
Manta asfáltica	0,4	Manta asfáltica	0,4
Proteção mecânica	2,5	EPS	1
		Proteção mecânica	2,5
a	0,4	a	0,4
U	2,6	U	1,7
Ct	3142	Ct	314,6

4.1.2 Ventilação Natural

A ventilação natural apresenta 16% de aplicabilidade no ano, é responsável pela renovação do ar e resfriamento do ambiente que ocorrem pela diferença de temperatura interna e externa, ou pelas diferenças de pressão causadas pelo vento (MMA, 2019). Através da ferramenta ProjetEEE, foi possível saber a velocidade e frequência dos ventos na região, além de determinar a direção dos ventos predominantes, que possuem sentidos leste (E) e sudeste (SE), conforme mostra a Figura 4.2, a seguir.

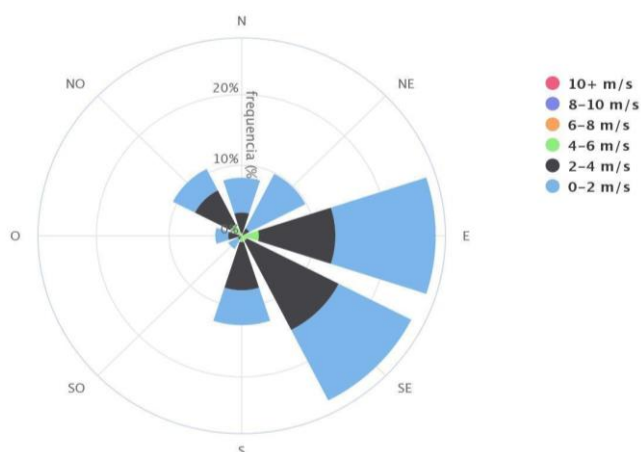


Figura 4.2 - Rosa dos ventos (ProjetEEE, 2019)

A partir disso foi possível realizar uma “simulação” que teve como base a ferramenta Fluxovento, sendo possível obter uma noção de como o ar circula no interior do edifício, pela ação dos ventos predominantes do leste e sudeste, conforme mostra a Figura 4.3, a seguir:

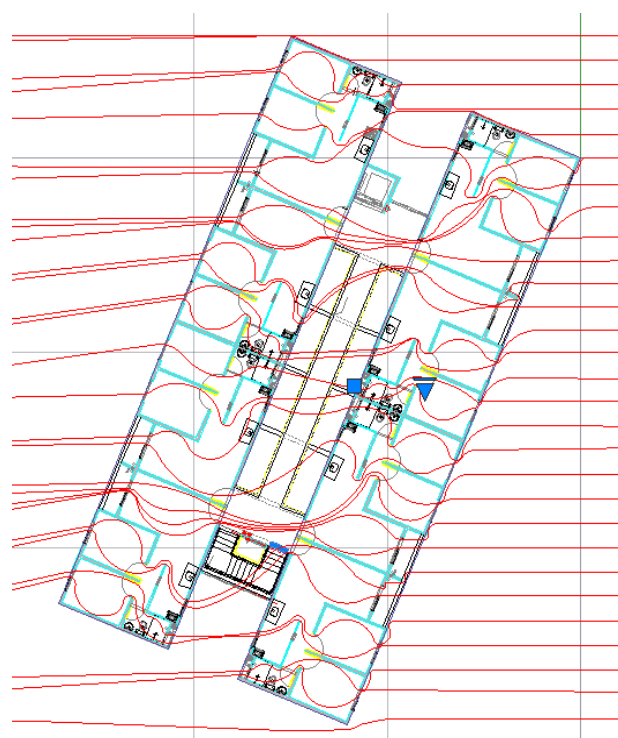


Figura 4.3 - Fluxo dos ventos predominantes no edifício (Autoria própria)

É necessário apresentar aberturas, nas fachadas das habitações, nos ambientes de longa permanência como, salas, cozinhas e dormitórios. As dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes estão expressas no Quadro 4.8 (ABNT, 2013), a seguir:

Quadro 4.8 - Aberturas mínimas para ventilação (ABNT, 2013)

Nível de desempenho	Aberturas para ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7: Aberturas médias	Zona 8: Aberturas grandes
Mínimo	A ≥ 7% da área do piso	A ≥ 12% da área do piso região norte do Brasil
		A ≥ 8% da área do piso região nordeste e sudeste do Brasil
Nota: nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio		

É possível observar no Quadro 4.9 que o edifício cumpre com os requisitos da norma.

Quadro 4.9 - Taxa de ventilação do edifício (NBR 15220, 2003)

Ambiente	Área (m ²)	Esquadrias		Área de ventilação natural
		Dimensões (m)	Área (m ²)	Percentual (%)
Sala	13,25	1,40 X 2,20	3,08	23%
Cozinha	6,2	1,00 X 1,20	1,2	19%
Quarto 1	8,7	1,20 X 1,20	1,44	17%
Quarto 2	8,7	1,20 X 1,20	1,44	17%

4.1.3 Energia solar

O aquecimento doméstico de água para banho gasta bilhões de kWh de energia elétrica anualmente, além do fato de que a maior parte dessa energia é consumida nos horários de pico que sobrecarregam o sistema elétrico. Entretanto com o uso da energia solar seria possível suprir essa demanda, além de proporcionar vantagens socioeconômicas e ambientais (ANEEL, 2019).

Foi escolhido como modelo de implantação o painel solar da marca Tempersol, que apresenta uma classe econômica A e produz em média 93,50 kWh/mês.m², com eficiência energética de 67,5% (INMETRO, 2018). Considerando que cada apartamento consome 165,00 kWh/mês (EFLUL, 2019) para aquecimento de água para banho a demanda de energia gasta no edifício estudado seria de aproximadamente 5.500 kWh/mês. O painel produz 63,11 kWh/mês.m², o que totalizou uma área de 87 m² e 44 painéis de 2 m² cada.

Considerando que 1 hora de banho são gastos 180 litros de água (SAAEB, 2019) em um apartamento por dia, então nos 32 apartamentos do edifício são gastos 5.760 litros de água por dia. Portanto foram considerados 10 m³ para reservatório de água quente, para isso são utilizados 2 reservatórios térmicos 5.000 litros de baixa pressão 5mca (inox 304), o reservatório térmico tem a importante função de armazenar e isolar a água da perda de calor, mantendo dessa forma a água aquecida por um longo período de tempo.

O orçamento aproximado desse sistema é: R\$ 23.000 pelos dois reservatórios térmicos, mais R\$ 33.793,00 pelos 47 painéis solares (valor unitário: R\$719,00), totalizando o valor dos equipamentos em R\$ 56.793,00. Entretanto além deste valor é preciso considerar as tubulações, bomba e quadro de comandos para automação do sistema, e mão de obra para instalação.

Apesar do elevado investimento inicial a agregação dos painéis solares térmicos na edificação contribuem para a diminuição da demanda de água nos horários de ponta, além de proporcionar uma economia anual de energia elétrica, sendo muito favorável para as famílias de baixa renda (NASPOLINI, 2010), além disso o retorno do investimento (payback) se dá em 2 anos, considerando bandeira verde para famílias de baixa renda com consumo superior a 220 kWh/mês (CEMIG, 2019), conforme podemos verificar na Equação (4.2), a seguir:

$$\text{Payback} = \text{Investimento (R\$)} / \text{Energia (kWh/mês)} * \text{Valor da tarifa (R\$)} \quad (4.2)$$

$$\text{Payback} = 75.000 \frac{\text{(R\$)}}{47 \text{ (coletores)}} * 187 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{mês}} \right) * 67,5\% \text{ (eficiência)} * 0,54 \left(\frac{\text{R\$}}{\text{kWh}} \right)$$

$$\text{Payback} = 23,41 \text{ meses} = 2 \text{ anos}$$

Além disso é necessário abordar a questão da incidência dos raios solares na cobertura. São Paulo apresenta uma média anual de 4,55 kWh/m².dia no plano horizontal, já com uma inclinação de 24° para o norte (latitude de São Paulo) os painéis recebem maior incidência solar, com uma radiação média de 4,66 kWh/m².dia (CRESESB, 2019). Sendo mais interessante ajustar a inclinação dos dois telhados com 12°N e os painéis com inclinação 12°N para receber a maior incidência dos raios solares durante o dia.

4.1.4 Captação de água pluvial

Para cálculo do volume do reservatório foi utilizado o Método Azevedo Neto, expresso na norma NBR 15.527 (ABNT, 2007), onde o volume de chuva é obtido pela equação (4.3):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (4.3)$$

Onde:

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L);

A = valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

P = valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T = valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca.

Considerando área de coleta de 250 m², precipitação média anual de 1.519 mm e meses de pouca chuva ou seca referentes a julho e setembro, conforme a Figura 4.4, teremos:

$$V = 0,042 \times 1519 \times 250 \times 2$$

$$V = 31.899,00 \text{ Litros}$$

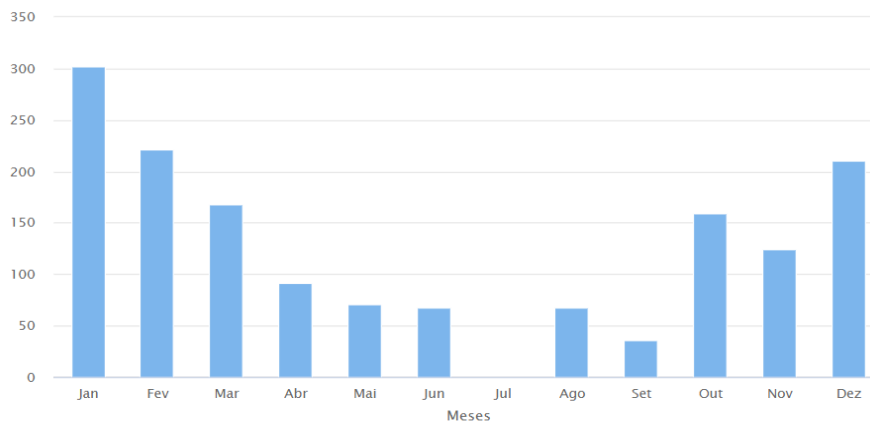


Figura 4.4 - Precipitações de chuva mensal (mm) (ProjetEEE, 2019)

O consumo de água para casas populares é de 120 a 150 l/hab.dia (TREVISAN, 2017). A água gasta apenas com descarga corresponde à aproximadamente 49 litros (33%) considerando os 32 apartamentos e 4 pessoas em média por apartamento, que corresponde a 6.272 litros de água por dia.

Para a construção do reservatório foi optado pela construção de uma cisterna externa de tela-cimento, já que é apropriado a projetos de grandes dimensões, possui rápida construção, com pouca necessidade de matéria-prima, não exigem trabalhos de escavação pois ficam na superfície e são praticamente à prova de vazamentos, contudo se houver algum problema é de fácil conserto (GNADLINGER, 1999). Como o reservatório será de aproximadamente 32 m³, o diâmetro necessário seria de 4,5 m, com 6 cm de espessura de parede, conforme parâmetros da Quadro 4.10, a seguir.

Quadro 4.10 - Dimensões do reservatório de tela-cimento (Gnadlinger, 2019)

Volume	10.000 litros	20.000 litros	40.000 litros
Diâmetro	2,50 m	3,6 m	5,2 m
Altura	2 m	2 m	2 m
Circunferência	7,85 m	11,3 m	16 m
Espessura da parede	4 cm	5 cm	6 cm
Fundação	1) retirar a terra solta 2) 10 cm de seixo e areia 3) 7,50 cm de concreto		

Para a construção primeiramente é necessário retirar a camada de matéria orgânica do solo, em seguida é feito uma camada de 10 cm de seixo e areia, e outra com 7,50 cm de concreto, que servem como fundação (GNADLINGER, 1999).

Para a cisterna é preciso fazer uma forma cilíndrica (figura 27) de chapa de aço plano de (1 m x 2 m x 0,9 mm), que são seguradas por cantoneiras e parafusadas umas às outras, em seguida a forma é envolvida com tela de arame, que deve passar por debaixo da forma e cobrir uma largura de aproximadamente 50 cm no fundo da cisterna, em seguida é envolvido com arame de aço galvanizado com uma espessura de 2 ou 4 mm (GNADLINGER, 2019).

Depois de aplicadas duas camadas de argamassa (figura 28) na parte exterior a forma de aço é retirada e reusada para construir outras cisternas, se necessário. O interior deve ser rebocado duas vezes e depois coberto com nata de cimento. O teto da cisterna é feito a partir de placas de tela-cimento (Figura 4.5) (GNADLINGER, 1999).



a) Construção das formas



b) Primeira mão de argamassa



c) Placas de cimento para tampa



d) Cisterna finalizada e rejuntada

Figura 4.5 - Etapas da construção da cisterna externa (Schistek, 2005)

4.2 CONCLUSÃO

As mudanças no setor construtivo visando à sustentabilidade são de extrema importância para a sociedade atual, com a concepção de projetos que busquem a eficiência energética e promovam uma relação harmoniosa entre o homem e meio ambiente.

De acordo com as estratégias bioclimáticas necessárias para a zona bioclimática 3, onde se encontra o empreendimento, foram analisadas a orientação e a implantação da edificação, que são os principais fatores que contribuem para otimizar o aquecimento dos ambientes no período frio. Pela análise feita, foi possível perceber que a orientação do edifício é adequada, sua face noroeste apresenta grande incidência de radiação solar o que é interessante principalmente nos períodos de inverno. Todavia é interessante

implantar dispositivos de sombreamento na face noroeste, para impedir que os raios solares no verão não entrem diretamente no ambiente promovendo maior desconforto térmico para seus usuários.

A orientação do edifício e a planta arquitetônica do pavimento-tipo também auxiliam na ventilação cruzada adequada, além de satisfazer a taxa de ventilação definida pela NBR 15.520, permitindo satisfatória circulação de ar pelos ambientes da edificação.

A norma também aponta que a adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido, portanto foi feita uma simples análise apenas levando em conta a estrutura da envoltória do quarto analisado, desconsiderando revestimentos, vãos envidraçados e porta, obtendo-se um nível de inércia térmica média, que já é satisfatória para o empreendimento estudado.

Foram analisadas as vedações externas por meio dos componentes construtivos da edificação a fim de verificar se estão de acordo com a norma de desempenho de edifícios (NBR 15.575), que avalia o desempenho térmico dos elementos construtivos em função da transmitância térmica e da capacidade térmica do material.

Por meio dos valores admissíveis dessas características foi possível verificar que as vedações e a cobertura com telhado, cumprem com os requisitos da norma, entretanto a laje da cobertura apresenta transmitância térmica um pouco acima do permitido, sendo necessário aumentar um pouco sua resistência térmica.

A implantação de painéis solares térmicos seria importante para reduzir o custo com eletricidade gasta para aquecer a água para banho, ou seja, são capazes de gerar 165 kWh/mês para cada apartamento, considerando uma tarifa de R\$ 0,54 a economia gerada é de aproximadamente R\$89,00/mês na conta de cada família. Além fácil implantação e economia de eletricidade, apresenta apenas 2 anos para retorno do investimento, sendo uma alternativa interessante para as famílias de baixa renda.

Já o sistema de captação de água pluvial é responsável pela economia de água, podendo economizar mais de 6 mil litros de água para o uso das descargas, podendo contribuir com outras atividades no edifício. Entretanto depende fatores climáticos da natureza, podendo não suprir a demanda diária, mas é uma opção interessante e sustentável a ser implantada pela economia de água que pode ser adquirida, necessitando de menos água tratada pela companhia.

Contudo, grande parte habitações do PMCMV apresentam diversos problemas que vão além da composição dos elementos construtivos da habitação e da conta de eletricidade e água. Muitas vezes a falta de infraestrutura e serviços inviabilizam o empreendimento, além de acarretar no “atraso da entrega” de milhões de apartamentos aos moradores, o que faz com que o déficit habitacional não diminua na proporção que deveria.

Os locais de construção devem ser escolhidos pensando numa boa estrutura urbana, pois as habitações precisam de infraestrutura e serviços, para que essas pessoas possam ter oportunidades de emprego, escolas para seus filhos e acesso à serviços básicos como, transporte público, supermercados e drogarias.

Por fim, percebe-se que muito deve ser feito, não só para solucionar o déficit habitacional, mas também para promover moradia digna às famílias, sem falhas construtivas e com infraestrutura. A implantação de tecnologias passivas pode proporcionar até 30% de economia de energia elétrica, aproximadamente o mesmo gasto que se tem com o chuveiro.

Essas medidas auxiliam na eficiência energética e na diminuição dos gastos com eletricidade no restrito orçamento das famílias de baixa renda beneficiadas pelo Programa.

4.3 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Sabe-se que o conceito de sustentabilidade na construção civil está diretamente ligada ao conceito de Green Building, que é uma edificação que utiliza o seu local, a energia, água e materiais de forma eficiente, gerando economia a longo prazo, além de pensar na saúde e conforto dos ocupantes.

Entretanto, a sustentabilidade em uma construção civil vai além das práticas estudadas acima, existem várias outras práticas sustentáveis que podem ser implantadas na obra, como o consumo consciente de matéria prima, o reaproveitamento de resíduos e a minimização de desperdícios.

Fazer com que os materiais sejam reutilizados, definir alternativas para a exploração dos recursos naturais e encontrar novas formas de geração de energia e pensar na logística de distribuição dos produtos devido ao gasto de energia e poluição, são atitudes que diminuem os impactos da construção no ambiente.

O uso dos chamados “eco-materiais” também reduzem o consumo energético e de materiais não renováveis, diminuindo assim a poluição da natureza e da atmosfera, pois diminuem as emissões de resíduos e gases. Suas principais características são, escolha de produtos que possuam matéria-prima reciclada, de um recurso renovável e de baixo consumo de energia e de água no seu processo produtivo, sendo pouco poluente e que gera poucos resíduos na sua produção e manutenção (Medina, 2006).

Portanto, seria interessante realizar um estudo sobre o ciclo de vida da obra, que está diretamente ligada aos materiais utilizados na construção e na gestão sustentável da produção e ciclo de vida desses materiais, que vão desde a extração de mineral, produção de matérias-primas até nas fases de produção, consumo e descarte final do produto.

O canteiro de obras também merece atenção, pois é responsável por gerar grandes impactos ambientais, entretanto por meio da adoção de medidas sustentáveis verificadas é possível mitigar os impactos

gerados pelos principalmente pela geração de vibração, ruídos, resíduos sólidos e perigosos, desperdício de água e energia elétrica (Figueira, Rachid, 2016).

Uma construção consciente e sustentável, além de evitar todos os prejuízos que uma obra normal traria ao meio ambiente, pode diminuir o custo final do projeto e até o seu tempo de conclusão, desempenhando um fator fundamental para tornar os processos economicamente viáveis, trazendo uma série de vantagens aos empreendedores. Assim, conhecer as principais maneiras com que uma construtora pode respeitar a natureza e o meio onde vive não se trata meramente de um diferencial competitivo. Mas sim de uma exigência cada vez maior para todas as empresas do ramo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT- NBR 5626. 1998, Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: NORMATECNICA.

ABNT- NBR 15.220. 2005, Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: NORMATECNICA.

ABNT- NBR 15.527. 2007, Água de chuva - Aproveitamento coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: NORMATECNICA.

ABNT- NBR 15.575. 2013, Desempenho em edificações habitacionais. Rio de Janeiro: NORMATECNICA.

ABREU, Wagner Gomes de. Identificação De Práticas Sustentáveis Aplicadas às Edificações. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) . Disponível em: < http://www.poscivil.uff.br/sites/default/files/dissertacao_tese/disseracaoformatada.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2019.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 2008. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf> >. Acesso em: 29 mar. 2019.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Fator de Carga. 2010. Disponível em < http://www.aneel.gov.br/busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fbusca%3Fp_auth%3DBphiADqU%26p_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D1%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_state_rcv%3D1&_101_assetEntryId=15048659&_101_type=content&_101_groupId=656835&_101_urlTitle=fatorde-carga&inheritRedirect=true >. Acesso em: 15 mar. 2019.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Dezembro encerra o ano teste das bandeiras tarifárias. 2014. Disponível em: < http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8278&id_area=90 >. Acesso em: 14 Março 2019.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. ANEEL Regulamenta Critérios para Consumidor de Baixa Renda. 2016. Disponível em: < [http://www.aneel.gov.br/sala-deimprensa-exibicao-2/-](http://www.aneel.gov.br/sala-deimprensa-exibicao-2/)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aneel-regulamenta-criteriospara-consumidor-de-baixa-ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Energia Hidráulica – Aspectos Socioambientais. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_hidraulica/4_10.htm>. Acesso em: 14 mar. 2019.

ASBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. Grupo De Trabalho De Sustentabilidade. Recomendações Básicas Para Projetos De Arquitetura. 2007. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/comitetematico/projetos/CBCS_CTProjeto_Recomendacoes%20Basicas%20GTS_Asbea_30mar2007.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2019.

AGUIAR, Clarissa; FEDRIZZI, Beatriz. Telhados verdes na habitação de interesse social. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://kipdf.com/telhados-verdes-na-habitacao-deinteresse-social_5aad75c61723dd216e749eb5.html>. Acesso em: 20 mai. 2019.

ARTEM - Isolantes Térmico. Poliestireno expandido - isopor. Disponível em: <<http://www.artem.com.br/index.html>>. Acesso em: 27 mai. 2019

BARROS, Veronica A.; PADILHA, Norma S. Construção Sustentável e Meio Ambiente do Trabalho. Curitiba, 2016. Disponível em: <http://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2017/4/2017_04_1435_1463.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.

BUENO, Cristiane. Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: Análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro. São Carlos, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05012011-100311/pt-br.php>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

BEVILACQUA, Edoardo Bianchi. Análise de Desempenho de edificação em alvenaria armada de blocos de concreto aplicada ao programa “Minha Casa Minha Vida”. Monografia (graduação) em Engenharia Civil pela Faculdade Armando Alvares Penteado. São Paulo, 2018.

BOHM, Thais. Especial Cidadania - Minha Casa Minha Vida não reduziu deficit habitacional, afirma estudo. Jornal do Senado, 2018. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/538499/Cidadania_622.pdf?sequence=1>. Acesso em: 29 mar. 2019.

CAIXA - Caixa Econômica Federal. Minha Casa Minha Vida - Recursos. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/programas-uniao/habitacao/minha-casa-minhavida/Paginas/default.aspx/saiba_mais.asp>. Acesso em: 19 mar. 2019.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Arquivo: Déficit habitacional total e por componentes - Brasil e Regiões. 2018. Disponível em: <<http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>>. Acesso em 09 mar. 2019

CBIC- Câmara Brasileira Da Indústria Da Construção. Energia nas construções: Uma contribuição do setor à redução de emissões e de uso de fontes renováveis de energia. Brasília, 2017. Disponível em: <https://cbic.org.br/wpcontent/uploads/2017/11/Energia_na_Construcao_2017-1.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2019

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#localidade_5727>. Acesso em: 14 abr. 2019.

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. Valores de tarifa e serviços. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx>. Acesso em: 20 abr. 2019.

CONTO, Vanessa de; OLIVEIRA, Marcos Lucas de; RUPPENTHAL, Janis Elisa. Certificações ambientais: Contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil. - GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 12, no 4, out-dez/2017, p. 100-127. Disponível em: <<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1749>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

CONTROLADORIA REGIONAL DA UNIÃO (CGU). Relatório de Avaliação da Execução de Programa de Governo Nº 66 Programa Minha Casa, Minha Vida - FGTS. 2017. Disponível em: <<https://auditoria.cgu.gov.br/download/9775.pdf>>. Acesso 29 mar. 2019.

CRUZ, B. Talita. Análise do Potencial de Inserção de Energia Solar Térmica para Aquecimento de Água em Residências Unifamiliares no Brasil. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Talita_Borges_Cruz.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2019

CREA - Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura. Sustentabilidade e Eficiência Energética no Ambiente Construído. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.crea-mg.org.br/images/cartilhas/Sustentabilidade-e-Eficiencia-Energetica-no-Ambiente-Construido.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

DIAS, Reinaldo. Gestão Ambiental: Responsabilidade Social e Sustentabilidade. São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/307855465_Gestao_Ambiental_responsabilidade_social_e_sustentabilidade?_iepl%5BgeneralViewId%5D=Rmg9YxPBL2qcdHTz1j7i4whwjNCNVnJ4ExXU&_iepl%5Bcontexts%5D%5B0%5D=searchReact&_iepl%5BviewId%5D=LMmEA3slWTezdQAecklL3g0gNdkeueXEM3YT&_iepl%5BsearchType%5D=publication&_iepl%5Bdata%5D%5BcountLessEqual20%5D=1&_iepl%5Bdata%5D%5BinteractedWithPosition1%5D=1&_iepl%5Bdata%5D%5BwithoutEnrichment%5D=1&_iepl%5Bposition%5D=1&_iepl%5BrgKey%5D=PB%3A307855465&_iepl%5BtargetEntityId%5D=PB%3A307855465&_iepl%5BinteractionType%5D=publicationTitle>. Acesso em: 14 abr. 2019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EFLUL - Empresa Força e Luz de Urussanga Ltda. Tabela de Consumo dos Aparelhos. Disponível em: < <http://www.eflul.com.br/consumidores/tabela-de-consumo>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Matriz energética e elétrica. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica> >. Acesso em: 04 mar. 2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Eficiência energética. Disponível em: < <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/eficiencia-energetica#TOPO> >. Acesso em: 20 mar. 2019.

Figueira, Ana Paula Rodrigues; Rachid, Ligia Eleodora Francovig. MEDIDAS SUSTENTÁVEIS APLICADAS EM CANTEIRO DE OBRAS. R. Eng. Constr. Civ., Curitiba - PR, v. 3, n.1, p. 17-31, jan./jun., 2016, ISSN: 2358-0259

FREITAS, Hélber. Direitos sociais: direito à moradia: Para cada indivíduo desenvolver 60 suas capacidades e até se integrar socialmente, é fundamental possuir morada, já que se trata de questão relacionada a própria sobrevivência. 2014. Disponível em: <

<https://helberfreitas.jusbrasil.com.br/artigos/145423551/direitos-sociais-direito-a-moradia> >. Acesso em 19 mar. 2019. FREITAS, Carlos C. G. Tecnologia Social e Desenvolvimento. Tese (doutorado) Pós-Graduação em Administração - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: < <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/29679/R%20-%20T%20-%20CARLOS%20CESAR%20GARCIA%20FREITAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 23 de abr. 2019.

FJP - Fundação João Pinheiro. Deficit habitacional no Brasil 2015. Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/direi-2018/estatistica-e-informacoes/797-6-serie-estatistica-e-informacoes-deficit-habitacional-no-brasil-2015/file> >. Acesso em: 20 de mar. 2019.

GBC - Green Building Council. Brasil ocupa o 4º lugar no ranking mundial de construções sustentáveis certificadas pela ferramenta internacional LEED. Disponível em: < <http://blog.gbcbrazil.org.br/?p=4350> >. Acesso 19 mar. 2019.

GNADLINGER, João. Apresentação Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais do Semi-árido Brasileiro. Petrolina, 1999. Disponível em: < http://www.abcmac.org.br/files/simposio/2simp_gandlinger__tecnologia_cisternas.pdf>. Acesso 04 ago. 2019.

GONÇALVES, Helder; GRAÇA, João Mariz. Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal. Lisboa, 2004. Disponível em: <http://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/1323/1/Conceitos_20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2019.

GONÇALVES, Ricardo F. PROSAB 5: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Editora ABES. Vitória, ES. 2009. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-deprogramas/prosab/prosab5_tema_5.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.

GUIMARÃES, Roberto P.; FEICHAS, Susana A. Q. Desafios na Construção de Indicadores de Sustentabilidade. *Medieval Encounters*, v. 4, n. 2, p. 119–129, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2009000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt> Acesso em: 12 ago.2019.

ICOS. Reuso da água. 2014. Disponível em: <<http://cdn.eicos.com.br/downloads/sensoresicos-reuso-de-agua.pdf>>. Acesso 22 abr. 2019.

IPEA - Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada. Petróleo: da crise aos carros flex. 2010. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2321:catid=28&Itemid=23 >. Acesso em: 23 mar. 2019.

INCM - Imprensa Nacional Casa da Moeda - Eficiência energética nos edifícios: Sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar interior nos edifícios – legislação complementar. 2ª Ed. Editora Laya. Lisboa, 2017. Disponível em: <https://play.google.com/store/books/details?id=WQdMDwAAQBAJ&rdid=book61WQdMDwAAQBAJ&dot=1&source=gbs_vpt_read&pcampaignid=books_booksearch_viewport>. Acesso em: 26 mai. 2019.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade. Coletor Solar Banho PBE, 2018. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/Coletor-Solar-Banho-PBE-2018.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

JESUS, Alessandro A.; ANJOS, Alexandre R.; PELLEGRIN, Carlos F. S.; SANTOS, Enéias O.; BOAS, Gerberson F. Vilas; BRITO, Laís C.. Comportamento Histórico no Brasil da Indústria da Construção Civil e suas Atuais Perspectivas. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 03, Ed. 07, Vol. 05, pp. 87-95. 2018. ISSN:2448-0959. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/comportamento-historico>>.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F.O.R. Eficiência Energética na Arquitetura . 3ª ed. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Livro%20-%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

LEMOS E. Poluição Interior: Abordagem ao Síndrome dos Edifícios Doentes. 1997. Disponível em: <<http://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/725>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIMA, Jeferson Alberto de; DAMBROS, Marcus Vinicius Rodrigues; ANTÔNIO, Marco Antonio Peixer Miguel de; JANZEN, Johannes Gérson, MARCHETTO, Margarida. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. Cuiabá, 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n3/v16n3a12>>. Acesso: 14 abr. 2019.

LUCON, Oswaldo; GOLDEMBERG, José. Crise Financeira, energia e sustentabilidade no Brasil. 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ea/v23n65/a09v2365.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

LOPES, Amanda Vitor. O uso de estratégias bioclimáticas em uma edificação visando melhorias no desempenho térmico. Ouro Preto, 2018. Monografia (graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto. Disponível em: < https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1705/1/MONOGRRAFIA_MelhoriasDesempenhoT%C3%A9rmico.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.

MARTINS, Kellen S. A. Programa Minha Casa Minha Vida: Uma Avaliação das Contribuições do Programa para a Redução do Deficit Habitacional do Brasil (2008 - 2012). São Luís, 2016. Disponível em: < <https://rosario.ufma.br/jspui/handle/123456789/1191>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

MASCARENHAS, Jorge. Sistemas de Construção XIV - Construção e Reabilitação Sustentáveis. Portugal: Livros Hirizontes, Ed. 11, 2014.

MATAJS, Roberto Ramos. Demanda, Consumo e Custo das alternativas ao chuveiro elétrico: O exemplo do Estado de São Paulo. São Paulo, 1997. Dissertação (mestrado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. Disponível em: < <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-19012012-100032/publico/RobertoRamosMatajs.PDF>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

MATOS, Dodora. Sistemas construtivos, inércia térmica e estratégias no conforto de interiores. 2018. Disponível em: < <http://www.dodoramatos.com/2018/08/24/sistemasconstrutivos-inercia-termica-e-estrategias-no-conforto-de-interiores/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

MEDEIROS, Ioni Donini. O Brise-Soleil Na Zona Bioclimática 3 Sob Avaliação dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. 2012. Disponível em: <http://prograu.ufpel.edu.br/uploads/biblioteca/ioni_d_medeiros-__cd.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2019.

Medina, Heloisa V. de. PRODUÇÃO E USO SUSTENTÁVEL DE MATERIAIS: GESTÃO AMBIENTAL E ANÁLISE DO CICLO DE VIDA. Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ. Disponível em: < <https://www.cetem.gov.br/images/congressos/2006/CAC00490006.pdf>>.

MELLO, Mario Fernando; SANTOS, Eudes Vinicius dos; DORNELES, Ramires Lunardi; COSTA, Grasielle Toneto da; ROSA, Larissa; DIAS, Erica Kirchhof. A importância de estratégias bioclimáticas aplicadas no projeto arquitetônico. Rev. Adm. UFSM, Santa Maria, v. 10, Edição Especial, p. 09-25, AGO. 2017.

Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=19834659&AN=124910618&h=HoH1sLHd0sgSR5rH0mT%2FHfx6GeWt1jt2ZqVFykdj1GCwO6PC%2Bc6TNX0Po3RkYgLZNotmdCIPeX%2BX9QqH2NUdoQ%3D%3D&crl=c>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. MMA leva selo Procel de Economia de Energia. 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/12737-noticia-acom-2015-05-891.html>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Construção Sustentável. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismosustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>>. Acesso em: 16 mar.2019.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Convenção das Nações Unidas: Acordo de Paris. 2018. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordode-paris> >. Acesso em: 17 mar. 2019.

MME - Ministério de Minas e Energia. O Que Fazer para Tornar Mais Eficiente o Uso de Energia Elétrica em Prédios Públicos. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/cartilha+ENERGIA+op1.pdf> >. Acesso em: 21 mar. 2019.

MCIDADES - Ministério das Cidades. Ministério das Cidades: Gestão Ministro Alexandre Baldy. 2018. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/atividadelegislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cdu/audiencias-publicas/audiencias-publicas-2018/06-06-18-audiencia-publica/apresentacao-ministerio-das-cidades/view>>. Acesso em 19 mar. 2019.

MOURA, Mariangela de.; MOTTA, Ana Lucia T. S. da. IX CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 2013. O Fator Energia na Construção.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MMA leva selo Procel de Economia de Energia. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/informma/item/12737-noticia-acom-2015-05-891.html> >. Acesso em: 29 mar. 2019.

NASCIMENTO, Tainah Leão; LEÃO, Danielle Comitante; ROCHA, Joice Stela Melo. Certificação Ambiental Na Construção Civil Brasileira. 2016. Disponível em: <<http://177.8.219.7:8081/revista/index.php/R1/article/view/58>>. Acesso em 10 mar. 2019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NASPOLINI, Helena F.; MILITÃO, Helbert S. G.; CORDINI, Jucilei; RUTHER, Ricardo. Avaliação do Potencial da Agregação da Energia Solar Térmica para Fins de Aquecimento de Água Para o Banho Humano em Núcleos Habitacionais de Baixa Renda. Revista Brasileira de Energia Solar Volume 1 Número 2, p.100-107. Santa Catarina, 2010. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil.

ONU - Organização Das Nações Unidas. A ONU e o meio ambiente. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso 18 mar. 2019.

ORESTES, Thais A. M. Construção Empresarial Sustentável: Aplicação No Setor Bancário – Agência Verde. Universidade Estadual Paulista – UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus Presidente Prudente, 2015.

OLIVETTI, Roberto Carlos. Energia, Sustentabilidade e Certificação na Construção. 2010. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/4330149-Energia-sustentabilidade-ecertificacao-na-construcao.html>>. Acesso em 12 mar. 2019.

OLIVEIRA, L. K. S.; REGO, R. M.; FRUTUOSO, M. N. M. A.; RODRIGUES, S. S. F. B. Simulação Computacional da Eficiência Energética para uma Arquitetura Sustentável. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/307998942_SIMULACAO_COMPUTACIONAL_DA_EFICIENCIA_ENERGETICA_PARA_UMA_ARQUITETURA_SUSTENTAVEL>. Acesso em: 29 mar. 2019.

PASSUELLO, Ana Carolina Badalotti; OLIVEIRA, Alexandre Führ de; COSTA, Eugenio Bastos da; KIRCHHEIM, Ana Paula. Aplicação Da Avaliação Do Ciclo De Vida Na Análise De Impactos Ambientais De Materiais De Construção Inovadores: Estudo De Caso Da Pegada De Carbono De Clínqueres Alternativos. Porto Alegre, 2014.

PATTO, Francisco R. Aquecedor Solar em Substituição ao Chuveiro Elétrico. Lavras. 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/handle/1/4536>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/sobre>>. Acesso em: 14 mar. 2019.

PENA, Rodolfo F. Alves. Brasil Escola: Energia Termoelétrica. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/energia-termoeletrica.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

PEREIRA, Agostinho O. K.; BORILE, Giovani O.; ARNOLD, Cláudia de M. Meio ambiente, novos direitos e a sociedade de consumo. Caxias do Sul, RS: EducS, 2018. ISBN 978-85-7061-946-4. Disponível em: <<https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/ebook-meio-ambiente-novos-direitos.pdf>> Acesso em: 09 set. 2019.

PEREIRA, Renato C.; SHIOTA, Robson T.; MELLO, Samuel F. de; ASSIS, Valdir; BARTOLI, Julio R. Eficiência Térmica de Coletores Solares de Baixo Custo. Foz do Iguaçu, 2006. Disponível em:

<https://www.academia.edu/36218092/EFICI%C3%8ANCIA_T%C3%89RMICA_DE_COLETORES_SOLARES_DE_BAIIXO_CUSTO_-CSBC>. Acesso em: 09 set. 2019

PES, João Hélio Ferreira; ROSA, Taís Hemann da. Análise Jurisprudencial do Direito de Acesso à Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=bd3ef5c19067fe17>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

PERISSINOTTO BARON, Cristina Maria. A produção da habitação e os conjuntos habitacionais dos institutos de aposentadorias e pensões – IAPs. V. 5, N° 2, p. 102 – 127. Presidente Prudente, 2011.

Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiPl62ko9bkAhWylbkGHRulB6sQFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Frevista.fct.unesp.br%2Findex.php%2Ftopos%2Farticle%2Fdownload%2F2287%2F2092&usg=AOvVaw3hsryERJOeQb8oqftkDe5r>>.

PINHEIRO, L. G. e ARAÚJO, A. L. C. Qualidade e Aproveitamento da Água da Chuva. 2015. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/4815/481554883013.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

PROJETEEE - Promoção Da Eficiência Energética De Edificações. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos/?cidade=SP+-S%C3%A3o+Paulo&id_cidade=bra_sp_sao.paulo-congonhas.ap.837800_try.1954>. Acesso: 15 abr. 2019.

PROTOLAB - Laboratório de Propriedades Termofísicas e Prototipação. Tabela de condutividade térmica de materiais de construção. Disponível em: <<http://www.protolab.com.br/Tabela-Conductividade-Material-Construcao.htm>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

REVINT: Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão. Estudo de Implantação de Cisterna em Habitações de Interesse Social no Projeto e Após a Conclusão da Obra. 2017. Disponível em: <http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/eletronica/article/view/258-272/pdf_148>. Acesso em: 26 mai. 2019.

Reserva das Aves. Disponível em: <<https://www.reservadasaves.com.br/residencial-beijafior>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

ROTH, Caroline das Graças; GARCIAS, Carlos Mello. Desenvolvimento em questão: Construção Civil e a Degradação Ambiental. Editora Unijuí. 2009. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/169>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

SANGUESSUGA, M. S. Guerreiro. Síndrome dos Edifícios Doentes Estudo da qualidade do ar interior e despiste da eventual existência de SED entre a população do edifício “E” de um estabelecimento de ensino

superior. Dissertação - Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa Instituto Politécnico de Lisboa, 2012.

SANTOS, Joaquim César Pizzutti dos; KOTHE, Kamila Kappaun; MOHAMAD, Gihad; VAGHETTI, Marcos Alberto Oss; RIZZATTI, Eduardo. Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira. Revista Matéria, ISSN 1517-7076 artigo 11671, pp.1030-1047. Santa Maria, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rmat/v20n4/1517-7076-rmat-20-04-01030.pdf>> Acesso em: 25 mai. 2019.

SAAEB - SAAE Barretos. Hora do Banho. Disponível em: <<http://www.saaeb.com.br/dicaseconomia.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

SCHISTEK, Harald. Uma nova tecnologia de construção de cisternas usando como estrutura básicas tela galvanizada de alambrado. Terezinha - PI, 2005. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp_harold_cisternadealambrado.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2019.

SENADO - Do ecodesenvolvimento ao conceito de desenvolvimento sustentável no Relatório Brundtland, da ONU, documento que coloca temas como necessidades humanas e de crescimento econômico dos países, pobreza, consumo de energia, recursos ambientais e poluição. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/temas-em-discussao-nario20/ecodesenvolvimento-conceito-desenvolvimento-sustentavel-relatorio-brundtland-onucrescimento-economico-pobreza-consumo-energia-recursos-ambientais-poluicao.aspx>>. Acesso em: 17 de mar. 2019.

SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo. 2012. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municpioverdeazul/2012/08/residuos_construcao_civil_sp.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2019.

SORGATO, Marcio J.; DEIVIS, Ana Paula M.; MARINOSKI, Luís; LAMBERTS, Roberto. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 83-101, out./dez. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212014000400007&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 20 abr. 2019.

SPOSTO, Rosa Maria; PAULSEN, Jacob S. Energia incorporada em habitações de interesse social na fase de pré-uso: O caso do Programa Minha Casa Minha Vida no Brasil. Campinas, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.puccampinas.edu.br/seer/index.php/oculum/article/view/2281>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

TEIXEIRA, Pollyana Ramos. O brasil pós-milagre econômico: os impactos do choque do petróleo na recessão de 1973. Florianópolis, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/158484>>. Acesso em: 03 mar. 2019.

TORRES, C. Regina. Energia Solar Fotovoltaica como Fonte Alternativa de Geração de Energia Elétrica em Edificações Residenciais. São Carlos, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18147/tde-18032013-091511/publico/dissertacao_final_rct.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2019.

TREVISAN, Monalisa. Viabilidade Econômica do Uso de Elementos Sustentáveis em Moradias de Interesse Social. Ijuí/RS, 2017. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4717/Monalisa%20Trevisan.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 06 mar. 2019.

UNICAMP. O Chuveiro na Curva do Consumo. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/unicamp/ju/597/o-chuveiro-na-curva-do-consumo>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

WWF. Pegada Brasileira. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/pegada_brasileira/>. Acesso em: 05 de mar. 2019.

WWF. Novo relatório do IPCC sobre aquecimento de 1,5°C pede mais esforços para ação climática. Disponível em: < <https://www.wwf.org.br/?67822/Relatrio-do-IPCC-2018-sobre-aquecimento-global-de-15C-incita-mais-esforos-pa>

SUSTENTABILIDADE NO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

AMANDA CORACIARA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor José Manuel Sousa

Co-Orientador: Professora Dra. Sílvia Maria S. G. Velázquez (Universidade Presbiteriana Mackenzie)

SETEMBRO DE 2019

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Quadros	xv
Abreviaturas	xix
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Estado da Arte.....	7
CAPÍTULO 3 Pesquisa Prática	27
CAPÍTULO 4 Discussão dos Resultados	34
Referências Bibliográficas	51

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso em um empreendimento do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) que verifica a aplicabilidade das tecnologias passivas, utilizando estratégias bioclimáticas para aquecimento e arrefecimento, que refletem no projeto arquitetônico uma maior harmonia entre as relações dos seres humanos com o clima do local, além da implantação de técnicas ativas como, por exemplo, os painéis solares térmicos e o sistema de captação de água pluvial, visando à redução do consumo de energia e de água, além de proporcionar aumento da eficiência energética do edifício, promovendo conforto e qualidade de vida para os usuários. Foram estudados os setores elétrico e da construção civil, o déficit habitacional, o PMCMV e as normas de desempenho, além do uso dos softwares como o Analysis SOL-AR, para verificar a carta solar do edifício, e a ferramenta Projetando Edificações Energeticamente Eficientes (ProjetEEE), criado pelo Ministério do Meio Ambiente, muito importante para obtenção dos dados climáticos do local, das estratégias bioclimáticas a serem utilizadas e dos componentes construtivos para verificar se os elementos (paredes e coberturas) satisfaziam a norma de desempenho. Houve a necessidade de realizar pequenas alterações para que a norma fosse atendida. Além disso, a implantação das técnicas ativas se mostrou um investimento interessante pois apresenta um baixo tempo de retorno e uma redução nas contas de eletricidade e água, que tem um peso grande no restrito orçamento das famílias de baixa renda, beneficiadas pelo Programa.

Palavras-chave: Eficiência energética. Estratégias bioclimáticas. PMCMV.

ABSTRACT

This work presents a case study about My Home My Life Project (PMCMV in portuguese) that verifies the applicability of passive technologies, using bioclimatic strategies for heating and cooling, which reflect in the architectural design a greater harmony between the relations of human beings with the climate of the place, as well as the implementation of active techniques such as solar thermal panels and rainwater collection system, aiming at reducing energy and water consumption, as well as increasing the energy efficiency of the building, promoting comfort and quality of life for users. The electrical and civil construction sectors, the housing deficit, the PMCMV and the performance standards were studied, as well as the use of software such as Analysis SOL-AR, to verify the solar charter of the building, and the projetEEE, created by the Ministry of Environment, very important to obtain the climatic data of the place, the bioclimatic strategies to be used and the construction components to verify if the elements (walls and roofs) satisfied the standard of performance. There was a need to make small changes in order for the standard to be met. In addition, the implementation of the active techniques proved to be an interesting investment because it presents a low turnaround time and a reduction in electricity and water bills, which has a large weight in the restricted budget of low-income families benefiting from the Program.

Keywords: Energy efficiency. Bioclimatic strategies. PMCMV.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

Ao professor José Sousa e à professora Silvia Velázquez por seus ensinamentos, por suas orientações, paciência e confiança ao longo do caminho e que me ajudaram a concluir este trabalho.

À minha família, pelo apoio, paciência e compreensão.

Aos meus colegas de trabalho, pelas palavras de incentivo e apoio.

ÍNDICE DE TEXTO

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Quadros	xv
Abreviaturas	xix
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
1.1 Considerações Iniciais.....	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo geral	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
1.3 Estrutura do Trabalho	4
1.4 Metodologia.....	4
CAPÍTULO 2 Estado da Arte.....	7
2.1 Setores Envolvidos	7
2.1.1 Setor Elétrico Brasileiro	7
2.1.2 Setor da construção civil.....	8
2.2 O Programa Minha Casa Minha Vida	10

ÍNDICE DE TEXTO

2.3	Eficiência Energética	13
2.4	Conceitos Bioclimáticos	14
2.5	Tecnologias	17
2.5.1	Passivas	17
2.5.2	Ativa: Solar Térmico.....	22
2.5.3	Captação de água pluvial	24
CAPÍTULO 3	Pesquisa Prática	27
3.1	Apresentação do Edifício	27
3.2	Materiais Empregados	30
3.3	Dados Bioclimáticos	31
CAPÍTULO 4	Discussão dos Resultados.....	34
4.1	ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS	34
4.1.1	Adequação dos Elementos Construtivos	34
4.1.2	Ventilação Natural	40
4.1.3	Energia solar	42
4.1.4	Captação de água pluvial	43
4.2	CONCLUSÃO	46
4.3	Desenvolvimentos Futuros	48
	Referências Bibliográficas.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 2.1 - Problemas na qualidade das habitações do PMCMV (Bohm, 2018)</i>	13
<i>Figura 2.2 - Zonas bioclimáticas Brasileiras (Lamberts et al., 2014)</i>	15
<i>Figura 2.3 - Carta Bioclimática de Givoni adaptada ao Brasil (ABNT, 2005)</i>	15
<i>Figura 2.4 - Zona de conforto (Lamberts et al., 2014)</i>	16
<i>Figura 2.5 - Forma e orientação do edifício (Lamberts et al., 2014)</i>	18
<i>Figura 2.6 - Orientação solar (Lamberts et al., 2014)</i>	18
<i>Figura 2.7 - Ganho solar direto (Lamberts et al., 2014)</i>	19
<i>Figura 2.8 - Ganho solar indireto (Lamberts et al., 2014)</i>	19
<i>Figura 2.9 - Ventilação cruzada (Lamberts et al., 2014)</i>	20
<i>Figura 2.10 - Ventilação vertical - Efeito chaminé (Lamberts et al., 2014)</i>	20
<i>Figura 2.11 - - Método spray (Lamberts et al., 2014)</i>	21
<i>Figura 2.12 - Fonte e espelho d'água (Lamberts et al., 2014)</i>	21
<i>Figura 2.13 - Telhado verde (Lamberts et al., 2014)</i>	22
<i>Figura 2.14 - Resfriamento evaporativo com áreas arborizadas (Lamberts et al., 2014)</i>	22
<i>Figura 2.15 - Painel solar térmico (Portal Energia, 2018)</i>	24
<i>Figura 2.16 - Distribuição do consumo de água tratada nas residências (ICOS – Reuso de água)</i>	25
<i>Figura 2.17 - Sistema de aproveitamento de água de chuva em uma residência (Trevizan, 2017)</i>	26
<i>Figura 3.1 - Modelo dos edifícios do Empreendimento Reserva das Aves (Bevilacqua, 2018)</i>	27
<i>Figura 3.2 - Implantação do Empreendimento (Bevilacqua, 2018)</i>	28
<i>Figura 3.3 - Modelo pavimento tipo (Bevilacqua, 2018)</i>	28
<i>Figura 3.4 - Ampliação Residencial Beija-Flor (Bloco B) (Reserva das aves, 2019)</i>	29
<i>Figura 3.5 - Modelo do apartamento mobilhado (Reserva das aves, 2019)</i>	29

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 3.6 - Cobertura impermeabilizada e com telhas de fibrocimento (Bevilacqua, 2018)</i>	<i>30</i>
<i>Figura 3.7 - Temperaturas e zona de conforto (ProjetEEE, 2019)</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3.8 - Umidades relativa (ProjetEEE, 2019).....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3.9 - Carta bioclimática da cidade de São Paulo (ABNT, 2005).....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 4.1 - Carta solar (Analysis SOL-AR).....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 4.2 - Rosa dos ventos (ProjetEEE, 2019)</i>	<i>40</i>
<i>Figura 4.3 - Fluxo dos ventos predominantes no edifício (Autoria própria)</i>	<i>41</i>
<i>Figura 4.4 - Precipitações de chuva mensal (mm) (ProjetEEE, 2019)</i>	<i>44</i>
<i>Figura 4.5 - Etapas da construção da cisterna externa (Schistek, 2005).....</i>	<i>46</i>

ÍNDICE DE QUADROS

<i>Quadro 2.1 - Déficit habitacional total e por componentes no Brasil e regiões (CBIC, 2018)</i>	<i>11</i>
<i>Quadro 2.2 - Definição das Zonas em relação a Carta Bioclimática de Givoni (ABNT, 2005)</i>	<i>16</i>
<i>Quadro 3.1 - Critérios para classificação bioclimática (ABNT, 2005)</i>	<i>32</i>
<i>Quadro 3.2 - Detalhamento das estratégias a adotar para Z3 (ABNT, 2005)</i>	<i>33</i>
<i>Quadro 4.1 - Classes de inércia térmica [kg/m³] (INCM, 2017)</i>	<i>37</i>
<i>Quadro 4.2 - Transmitância térmica (U) das paredes externas [W/m².K] (ABNT, 2013).</i>	<i>37</i>
<i>Quadro 4.3 - Capacidade térmica (Ct) das paredes externas [kJ/m².K] (ABNT, 2005)</i>	<i>37</i>
<i>Quadro 4.4 - Transmitância Térmica (U) [W/m²K] (ABNT, 2005)</i>	<i>38</i>
<i>Quadro 4.5 - Análise das vedações externas (ProjetEEE, 2019)</i>	<i>38</i>
<i>Quadro 4.6 - Análise da cobertura com telhado (ProjetEEE, 2019)</i>	<i>39</i>
<i>Quadro 4.7 - Análise da laje da cobertura (ProjetEEE, 2019)</i>	<i>40</i>
<i>Quadro 4.8 - Aberturas mínimas para ventilação (ABNT, 2013)</i>	<i>41</i>
<i>Quadro 4.9 - Taxa de ventilação do edifício (NBR 15220, 2003)</i>	<i>42</i>
<i>Quadro 4.10 - Dimensões do reservatório de tela-cimento (Gnadlinger, 2019)</i>	<i>45</i>

ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
ASBEA	Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
CGU	Controladoria Geral da União
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção
FAR	Fundo de Arrendamento Residencial
FC	Fator de Carga
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice do Desenvolvimento Humano
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IPCC	Intergovernamental de Mudanças Climáticas
LEED	Leadership in Energy & Environmental Design
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PIB	Produto Interno Bruto

ABREVIATURAS

PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
PNAD	Pesquisa Nacionais da Amostra Domiciliar
SED	Síndrome dos Edifícios Doentes
TCU	Tribunal de Contas da União
UTE's	Usinas Termoelétricas
WCED	World Commission on Environment and Development
I_t [kg/m ²]	Inércia Térmica
U [W/m ² .K]	Transmitância térmica
C_t [kJ/m ² .K]	Capacidade térmica
ϕ (horas)	atraso térmico
FSo (%)	Fator de calor solar

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No cenário atual com o aquecimento global, mudanças climáticas e aumento no custo da energia é de extrema importância que ocorram mudanças no setor construtivo com o intuito de minimizar os impactos ambientais provocados pelas obras, visando conservação da natureza e maior economia (CREA, 2009).

A energia é a capacidade de realizar trabalho, ou seja, movimentar, transformar e produzir bens e serviços necessários para as atividades humanas (CREA, 2009). A matriz energética corresponde ao conjunto de fontes de energia disponíveis em um país, estado ou mundo, para suprir a demanda de energia da população, apresenta no âmbito mundial a participação de apenas 13,9% de energias renováveis, sendo que o maior uso prevalece de fontes não renováveis, provenientes da queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral) e energia nuclear (EPE, 2019).

Já a matriz elétrica é definida pelo conjunto de fontes apenas para a geração de eletricidade, sendo que no Brasil apresenta um consumo de 82% de fontes renováveis devido ao uso predominante de hidroelétricas para a geração de energia (EPE, 2019). Entretanto, os períodos de estiagem prejudicam o sistema, sendo necessário recorrer ao uso das usinas termoelétricas (UTES) para suprir a demanda de eletricidade, elevando consideravelmente o seu custo, que interfere na conta de eletricidade e aumenta as emissões de CO₂ na atmosfera, contribuindo com o aquecimento global (ANEEL, 2015).

O setor da construção civil apresenta uma das maiores “pegada ecológica” no mundo, termo criado para definir a pressão do consumo das populações humanas sobre os recursos naturais, devido ao seu elevado consumo de energia, que envolve desde a extração das matérias primas, até a fabricação, transporte e processamento dos materiais de construção (ABREU, 2012).

No Brasil o setor da construção é o que mais consome recursos naturais, sendo responsável por aproximadamente 18% do consumo da matriz energética e 50% do consumo da matriz elétrica, devido principalmente ao uso de iluminação artificial e de aparelhos mecânicos de climatização. Todavia, é possível reverter esse quadro com a adoção de medidas sustentáveis que visam o menor consumo de energia e redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE's) na atmosfera (MOURA; MOTTA, 2013).

O conceito de desenvolvimento sustentável foi apresentado em 1987, pela World Commission on Environment and Development (WCED), também conhecida como Comissão Brundtland. Naquela época já se estudava os impactos das atividades humanas no âmbito econômico e suas consequências no meio ambiente, na qualidade de vida e no bem-estar das pessoas (FREITAS, 2012).

A busca pela eficiência energética dos edifícios é um caminho para a sustentabilidade na construção, sendo primordial adaptar a arquitetura para à atualidade, devido à insuficiência dos recursos naturais necessários para atender à demanda do consumo da sociedade. Com a arquitetura bioclimática é possível reduzir a produção de poluentes por meio da redução do consumo de eletricidade, através da implantação de tecnologias construtivas que promovam a climatização natural das edificações, além de promover o conforto ambiental do homem (OLIVEIRA et al., 2016).

No contexto da construção civil, é preciso destacar o problema relacionado ao déficit habitacional no Brasil que totaliza mais de 16 milhões de habitações com problemas. A menor parcela corresponde às moradias em situação de risco que demandam a construção de novas residências são relacionadas ao déficit quantitativo, que correspondem a mais de 6,35 milhões de domicílios. Entretanto a maior parte do país sofre como déficit qualitativo, que se refere às moradias carentes de infraestrutura e saneamento básico, ou pela falta de regularização fundiária, sendo necessário apenas realizar a recuperação e regularização desses domicílios, que são responsáveis por aproximadamente 9,7 milhões de moradias, (FJP, 2018).

Na busca de uma solução para o déficit habitacional quantitativo o Governo Federal criou o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) que beneficia famílias de baixa renda por meio de subsídios e facilidades de financiamento para a aquisição da casa própria (CAIXA, 2019).

As edificações devem atender às exigências da norma de desempenho (NBR 15.575), que apresenta requisitos e critérios estabelecidos que devem ser cumpridos para que os requisitos do usuário também sejam atendidos. Os requisitos dos usuários apresentam alguns fatores como: estanqueidade, desempenhos térmico, acústico e lumínico, durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental (ABNT, 2013).

Todavia, o Ministério da Transparência e Controladoria Geral da União (CGU) realizou um relatório em que avaliaram às construções do Programa, observando defeitos em 56,4% das unidades da amostra visitada, além de falhas construtivas como infiltrações, trincas e vazamentos, além de alagamentos, iluminação deficiente e falta de pavimentação na área externa (CGU, 2017).

Neste cenário, o estudo de implementação de tecnologias nas edificações do PMCMV são de extrema importância, não só para o cumprimento das normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) como para a obtenção de moradias que apresentem uma maior eficiência energética e conforto

ambiental dos usuários, que acaba por diminuir os gastos da conta de eletricidade no restrito orçamento das famílias de baixa renda.

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) foi criado com o intuito de solucionar o déficit habitacional no Brasil, que hoje apresenta mais de 6 milhões de moradias, para isso será necessário a construção de novas edificações de forma a solucionar os problemas sociais e específicos de habitação (FJP, 2015).

Segundo Sposto e Paulsen (2014), considerando o grande investimento do governo no PMCMV deve ser analisado o impacto energético-ambiental das construções no meio ambiente, principalmente na fase de projeto, para que as escolhas dos materiais e componentes garantam eficiência energética e aumente seu ciclo de vida.

Baseado na preocupação da qualidade nas habitações do PMCMV e das alterações climáticas que vem ocorrendo junto a escassez dos recursos naturais, é importante estudar novas tecnologias capazes tornar os edifícios mais eficientes, poupando energia e garantindo maior qualidade de vida e conforto para o usuário (CREA, 2009).

A arquitetura bioclimática pode proporcionar a economia de eletricidade em até 30% em edifícios já existentes, se estes passarem por uma reabilitação, e a 50% em novos edifícios, que contemplem o uso das tecnologias passivas desde o projeto (MMA, 2015).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Estudar tecnologias construtivas que poderão ser utilizadas no PMCMV, que reduzam o consumo de energia, proporcionando o aumento da eficiência energética, promovendo conforto e qualidade de vida para os usuários, além de economia na conta de eletricidade.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos propostos para o desenvolvimento deste trabalho foram:

- Contextualizar o setor elétrico brasileiro e o setor da construção civil;
- Introduzir o PMCMV;
- Apresentar as tecnologias e técnicas construtivas que promovam maior eficiência energética;
- Analisar a aplicabilidade da norma de desempenho NBR 15.575 em um estudo de caso;

- Verificar a possibilidade de introdução de técnicas passivas e ativas no empreendimento estudado;
- Avaliar o impacto que tal economia trará no orçamento das famílias de baixa renda beneficiadas pelo programa.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em seis seções.

- A Seção 1 apresenta a Introdução, que é composta pelos seguintes itens: texto de contextualização do tema, problema de pesquisa e objetivos.
- A Seção 2 apresenta uma revisão de literatura sobre os setores envolvidos, o PMCMV, os conceitos bioclimáticos, as técnicas e tecnologias estudadas de modo a aumentar a eficiência energética dos edifícios.
- A Seção 3 indica a metodologia adotada no trabalho e seus instrumentos de pesquisa.
- A Seção 4 compreende o estudo de caso, realizado no empreendimento Reserva das aves no município de Cotia no estado de São Paulo, sito à Estrada Velha do Lageado nº 200.
- A Seção 5 apresenta os resultados e discussões da implantação das técnicas estudadas e das estratégias bioclimáticas adotadas, tendo como parâmetro a norma ABNT NBR 15.575.
- A Seção 6 relata as considerações finais do trabalho e indica algumas recomendações para pesquisas futuras. Não obstante, são fornecidas nos pontos seguintes algumas indicações quanto ao formato adotado.

1.4 METODOLOGIA

Este trabalho é uma pesquisa descritiva-explicativa, associada a um estudo de caso realizado no conjunto habitacional Reserva das Aves, no município de Cotia – SP, propondo alternativas que tornem os edifícios mais sustentáveis, por meio do melhor aproveitamento e interação dos recursos naturais no entorno e implantação de técnicas ativas, o que, conseqüentemente reduz o consumo de energia e água nas residências, gerando uma economia nas contas de energia e água dos usuários.

A forma de abordagem é quali-quantitativa e a pesquisa se iniciou pelo setor elétrico brasileiro e o setor da construção civil, explicou o déficit habitacional e introduziu o PMCMV, apresentou as tecnologias e técnicas construtivas que promovem maior eficiência energética, além do uso dos softwares Analysis SOL-AR, para obtenção da carta solar e ventos predominantes do local, e a ferramenta Projetando Edificações Energeticamente Eficientes (ProjetEEE), que é uma plataforma nacional que agrupa soluções para um projeto de edifício eficiente, possibilitando que os profissionais da construção integrem a seus

projetos a variável da eficiência energética através de elementos bioclimáticos por meio da introdução de técnicas passivas, sendo possível ainda analisar os componentes construtivos dos elementos (paredes e coberturas), verificando assim a aplicabilidade da norma de desempenho NBR 15.575 no estudo de caso, garantindo, além da redução da demanda energética, o conforto dos usuários no interior das edificações. Também foi verificado a possibilidade de introdução de técnicas ativas no empreendimento estudado sendo avaliado o impacto que tal economia traria no orçamento das famílias de baixa renda beneficiadas pelo programa.

CAPÍTULO 2

ESTADO DA ARTE

2.1 SETORES ENVOLVIDOS

2.1.1 Setor Elétrico Brasileiro

A Constituição Brasileira prevê diversos direitos sociais para promover uma vida digna para a população. Apesar da energia elétrica não ser expressa como um serviço essencial, é possível, a partir do princípio da dignidade da pessoa humana, materializar através dos serviços públicos o acesso à energia elétrica que é fundamental para a qualidade de vida da população (PES; ROSA, 2019)

A principal fonte de geração de energia no setor elétrico brasileiro é a hidrelétrica, devido à abundância de recursos hídricos no país, sendo produzida pela força das correntes da água dos rios, que transforma energia mecânica em energia elétrica, correspondendo com aproximadamente 60% na geração de energia no país (ANEEL, 2019). Todavia, apesar de ser uma energia renovável também causa impactos ao meio ambiente e à sociedade, devido à construção de barragens que geram o alagamento de grandes áreas para os reservatórios, o que acarreta a necessidade de deslocamento das comunidades ribeirinhas e prejudica a fauna e flora local, além dos possíveis perigos de rompimento de barragens, que podem causar graves problemas ambientais (ANEEL, 2019).

Sabe-se que a água é um elemento fundamental para a vida, sendo um recurso natural renovável devido ao ciclo hidrológico. Entretanto, as interferências humanas e o uso inadequado dos recursos hídricos provocam desequilíbrios ambientais que propiciam mudanças climáticas e crises no abastecimento de água nas zonas urbanas. Portanto, é necessário ter um consumo consciente e aderir a práticas sustentáveis para reuso e aproveitamento de águas pluviais principalmente nos edifícios, que são objetos deste estudo (PEREIRA; BORILE, ARNOLD, 2019).

A crise hídrica não está ligada apenas à má gestão e à falta de infraestrutura para o abastecimento de água. A falta de chuvas também provoca queda nos níveis dos rios, que não são capazes de suprir a demanda de energia da população, sendo necessário recorrer ao uso das termelétricas. Todavia, as UTE's contribuem para aumento da poluição atmosférica e da concentração de GEE's na atmosfera e também

apresentam um maior custo de operação, que reflete no custo da eletricidade para o consumidor (ANEEL, 2015).

Devido aos maiores custos da produção de energia pelas usinas térmicas foi criado, em 2015, um sistema de bandeiras tarifárias, classificadas por cores indicando ao consumidor quando haverá aumento na tarifa básica da conta de energia (ANEEL, 2015).

De modo a incentivar a eficiência energética dos edifícios foi criado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) em parceria com a Eletrobrás a Etiqueta de Eficiência Energética, que compõe o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Inicialmente, o Programa abrange apenas construções com área superior a 500 metros quadrados, sendo edifícios públicos e de serviços. Tem como objetivo incentivar a iluminação e ventilação naturais por meio de tecnologias passivas, reduzindo os gastos de energia elétrica em até 40%, de modo que, para as edificações receberem a etiqueta é necessário realizar três avaliações de eficiência: da envoltória, sistemas de iluminação e de ar condicionado, além de promover uma vantagem competitiva no mercado pela certificação das construtoras que aderirem ao PBE (PBE, 2019).

2.1.2 Setor da construção civil

A falta de consciência ecológica da construção civil no Brasil junto ao grande processo de migração ocorrido no século XX gerou uma crescente demanda por novas habitações, devido ao desenvolvimento econômico do país e aumento do padrão de vida populacional, gerando aumento do consumo energético e da produção de insumos, ocasionando diversos problemas ambientais (PASSUELLO et al., 2014).

O setor da construção é o que mais consome recursos naturais e energia. Os impactos se dão desde a retirada de matérias primas da natureza, a fabricação e o transporte dos produtos, execução em obra até a disposição final dos resíduos (sólidos, líquidos e gasosos). São estimados que 50% do total de resíduo produzidos pelas atividades humanas são decorrentes da indústria da construção (MMA, 2019).

É importante ressaltar que 30% da geração de resíduos são referentes a construção formal, sendo os outros 70% provenientes de reformas, pequenas obras e demolição (SINDUSCON, 2012). Este cenário ocorre devido à falta de qualidade de determinados produtos e a execução inapropriada das atividades construtivas, que muitas vezes resultam no retrabalho ocasionando perdas e baixa produtividade (ROTH; GARCIAS, 2009).

No Brasil, no ano de 2017, o setor da construção foi responsável por 5,2% do Produto Interno Bruto (PIB) de R\$ 6,5 trilhões de reais. Além de gerar muitos empregos proporcionando melhor desempenho econômico e social, também promove desenvolvimento do país (JESUS et al., 2018). Todavia, os métodos construtivos atuais consomem muita energia e recursos naturais, associado à geração de resíduos, sendo

responsáveis por uma parcela significativa dos GEE (CBIC, 2017). Fator que contribui com o aquecimento global acelerando as mudanças climáticas, sendo necessário buscar novas formas de atuação, por meio da inovação tecnológica e pelo uso equilibrado dos recursos naturais (ORESTES, 2015).

Em frente às mudanças climáticas que vem ocorrendo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) divulgou um relatório científico que estuda medidas para limitar o aquecimento global a 1,5°C em relação ao período pré-industrial, tendo como objetivo orientar o governo em suas decisões em relação aos seus compromissos climáticos nacionais em relação ao Acordo de Paris (WWF, 2018). O Acordo foi criado em 2015 com o objetivo promover uma resposta global frente às mudanças climáticas até 2030, para isso os países devem montar planos de ação a partir das Pretendidas Contribuições Nacionalmente Determinadas (iNDC, na sigla em inglês) com o fim de reduzir as emissões de GEE (MMA, 2018).

O nosso modelo de desenvolvimento é o responsável pelo aumento dos níveis de pobreza, insegurança alimentar e instabilidade social, uma vez que o uso intenso de combustíveis fósseis aumenta a concentração de carbono na atmosfera gerando uma alteração do ciclo do carbono que afeta toda a sociedade. O carbono é um bom condutor de calor com isso ocorre grandes amplitudes térmicas, que é a diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima registradas num determinado período de tempo, que faz com que o consumo de energia na climatização seja maior, esses desequilíbrios térmicos deslocam massas de ar que contém umidade e calor, ocasionando o aumento da evaporação e tornando a atmosfera mais turbulenta que propicia o acontecimento de fenômenos extremos, como chuvas, vendavais, tornados, aumentando os riscos sobre áreas habitadas. (MASCARENHAS, 2014)

Contudo, a necessidade de se pensar no processo de desenvolvimento econômico junto a dimensão ambiental não é uma questão atual. Em 1972 a Organização das Nações Unidas (ONU) realizou em Estocolmo, capital da Suécia, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, ficando conhecida por Conferência de Estocolmo, que foi importante para as primeiras abordagens sobre os problemas ambientais com uma visão global, além de produzir um Plano de Ação Mundial com o intuito de melhorar o ambiente humano promovendo sua preservação. (DIAS, 2007)

Essa conferência foi importante para se construir as bases do que mais tarde seria definido como o conceito de desenvolvimento sustentável. Em 1987 a Comissão Brundtland publicou um relatório denominado “Nosso Futuro Comum” (BUENO, 2010), nele foi expresso temas sobre recursos ambientais, poluição, consumo de energia, necessidades humanas, crescimento econômico dos países e pobreza (SENADO, 2019). Além do que hoje conhecemos como desenvolvimento sustentável, “o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades” (ONU, 2019).

Como vimos, o setor da construção está diretamente ligado ao desenvolvimento do país e para que seja considerado sustentável é necessário que suas atividades relacionadas ao ciclo de vida das construções minimizem impactos ambientais e maximizem os benefícios sociais e a viabilidade econômica do empreendimento (BARROS; PADILHA, 2016). Os edifícios verdes procuram criar soluções construtivas para os problemas ecológicos, por meio do uso de tecnologia e melhor seleção de materiais, visando atender às necessidades dos usuários em harmonia com meio ambiente (NASCIMENTO; LEÃO; ROCHA, 2016).

Segundo ASBEA (2019), foi realizado um estudo em parceria com o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) que indicou os princípios básicos de uma construção sustentável ligados às questões de qualidade ambiental interna e externa, redução do consumo energético, redução dos resíduos, redução do consumo de água, aproveitamento de condições naturais locais, implantação e Análise do Entorno, reciclar, reutilizar e reduzir os resíduos sólidos e inovação.

Outro grande avanço para o desenvolvimento sustentável são os selos verdes ou certificações. São atestados que documentam o cumprimento de pré-requisitos que tem por objetivo reduzir os impactos ambientais e o consumo de energia, seja para construção, reformas e operação de edifícios, (OLIVETI, 2010) além de promover a conscientização das pessoas envolvidas.

Os certificados mais utilizados no Brasil são, a LEED (Leadership in Energy & Environmental Design), AQUA (Alta Qualidade Ambiental), Procel Edifica e o Selo Casa Azul Caixa (CONTO; OLIVEIRA; RUPPENTHAL, 2016). O Brasil ocupa o 4º lugar no ranking mundial de construções sustentáveis com mais de 530 projetos certificados pelo LEED, com um total de mais de 16.74 milhões de metros quadrados brutos de espaço certificado (GBC, 2019). Todavia, o setor da construção no Brasil ainda tem muitos desafios para superar e para se desenvolver entre eles encontra-se o déficit habitacional.

2.2 O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

A Constituição Federal de 1988 prevê em seu artigo 6º o direito à moradia, sendo um direito fundamental desde 1948 na Declaração Universal dos Direitos Humanos, que configura a moradia digna um direito fundamental para a vida (FREITAS, 2014). Portanto é uma obrigação do Estado promover programas de política pública que facilitem o acesso a moradias dignas à todos os cidadãos, com boas condições habitacionais e de saneamento básico (MARTINS, 2016).

O Brasil apresenta um déficit habitacional de mais de 6 milhões de moradias (censo de 2015) que corresponde à 33% da população total de 2019. O déficit habitacional está ligado às deficiências do estoque de moradias, podendo ser relacionado à quatro problemas: Às moradias com condições precárias de estrutura, às moradias onde ocorra coabitação familiar forçada (famílias diferentes que vivem em um

domicílio unifamiliar), às dificuldades dos moradores em arcar com o valor do aluguel e às habitações com grande densidade (FJP, 2018). Os dados foram coletados em Pesquisa Nacionais da Amostra Domiciliar (PNAD) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e são referentes ao ano de 2015 (CBIC, 2019) e estão expressos na Quadro 2.1, a seguir:

Quadro 2.1 - Déficit habitacional total e por componentes no Brasil e regiões (CBIC, 2018)

Especificação	Déficit habitacional				
	Total absoluto	Componentes			
		Habitação precária	Coabit. Familiar	Ônus excessivo aluguel	Adens. Excessivo
Região Norte	645.537	157.050	270.719	179.258	38.510
Região Nordeste	1.971.856	498.379	662.863	747.800	62.814
Região Sudeste	2.482.855	116.875	651.942	1.524.860	189.178
Região Sul	734.115	120.748	176.424	424.000	12.943
Região Centro-Oeste	521.381	49.579	140.543	301.854	29.405
BRASIL	6.355.743	942.631	1.902.490	3.177.772	332.850
<i>Total das RMs</i>	<i>1.829.941</i>	<i>96.788</i>	<i>538.526</i>	<i>1.049.536</i>	<i>145.091</i>
<i>Demais áreas</i>	<i>4.525.802</i>	<i>845.843</i>	<i>1.363.964</i>	<i>2.128.236</i>	<i>187.759</i>

Segundo o Relatório de Brundtland, “Nosso Futuro Comum”:

Um mundo onde a pobreza e a desigualdade são endêmicas estará sempre propenso às crises ecológicas [...]. O desenvolvimento sustentável requer que as sociedades atendam às necessidades humanas tanto pelo aumento do potencial produtivo como pela garantia de oportunidades iguais para todos (ONU, 2019).

Em resposta à crise econômica mundial instaurada entre 2007-2008, foi criado em 2009 o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) como forma de investimento do governo na economia, gerando empregos e renda através do setor da construção civil, de modo que para alcançar esse objetivo era

CAPÍTULO 2

necessário atender ao déficit habitacional quantitativo (BOHM, 2018), subsidiando a aquisição de moradias às famílias com renda até R\$1,8 mil e tornando a moradia acessível às famílias de baixa renda que vivem em locais de risco, promovendo condições especiais de financiamento. O Programa apresenta condições diferentes de acordo com a faixa de renda mensal de cada família (CAIXA, 2019), sendo:

Faixa 1 - Recursos FAR (Fundo de Arrendamento Residencial): Até R\$ 1,8 mil e o financiamento pode ser feito em até 10 anos, com prestações mensais que variam de R\$ 80,00 a 270,00, dependendo da renda bruta familiar. Sendo que o governo arca com a maior parte do custo do imóvel.

Faixa 1,5: Até R\$ 2,6 mil, com uma taxa de juros de 5% ao ano, com prazo de financiamento até 30 anos, com subsídios do governo de até R\$ 47,5 mil.

Faixa 2: Até R\$ 4 mil, com uma taxa de juros que pode variar de 5,5 a 7% ao ano, de acordo com a renda da família, com prazo de financiamento até 30 anos e subsídios do governo de até R\$ 29 mil.

Faixa 3: Até R\$ 7 mil apresenta uma taxa de juros de 8,16%, já com renda mensal até R\$ 9 mil e apresenta juros de 9,16% ao ano, com prazo de financiamento até 30 anos.

De 2009 a março de 2018 foram contratadas um total de 5.164.075 unidades, das quais foram concluídas 4.246.455, porém foram entregues apenas 3.787.200 moradias (MCIDADES, 2018), esse problema pode ser devido à falta de infraestrutura, como energia elétrica, que demora a chegar nos empreendimentos mesmo quando a obra já tenha sido concluída (BOHM, 2018).

Entretanto, mesmo com a construção de novas habitações o déficit mostrou um aumento de 0,3% de acordo com a última pesquisa feita da Fundação João Pinheiro no ano de 2015, devido à crise econômica e em especial ao aumento do aluguel (MCIDADES, 2019).

Também foram constatados diversos problemas recorrentes nas obras do Programa (Figura 2.1), alguns gerado pela falta de qualidade das construções e outras pela falta de infraestrutura local, já que os conjuntos habitacionais são construídos longe dos centros urbanos devido ao elevado preço da terra, que era um problema populacional devido à falta investimentos em mobilidade e em acesso as políticas públicas, que são direito do cidadão, como saúde, educação, saneamento e energia (BOHM, 2018).

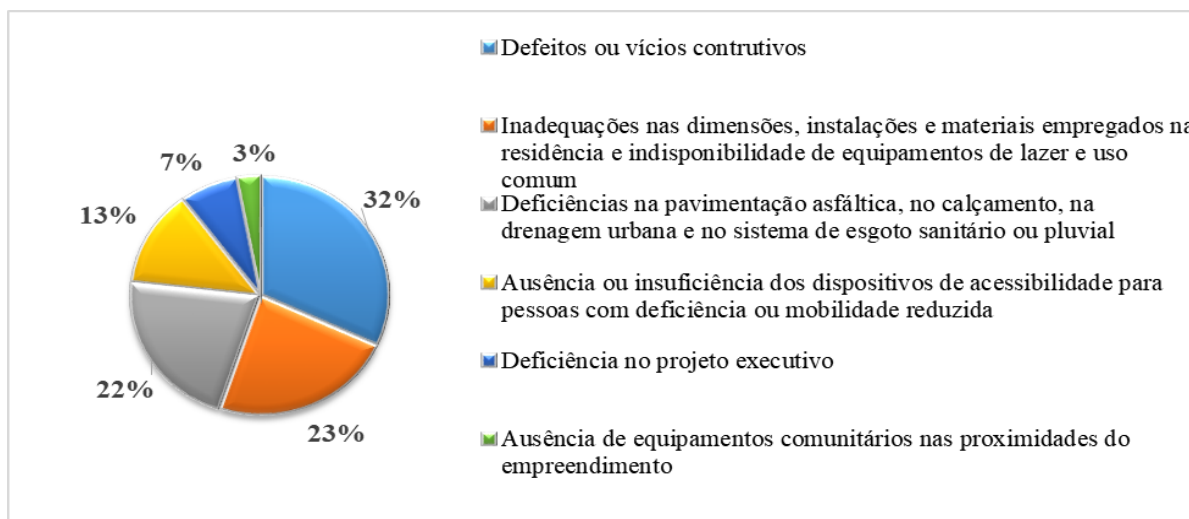


Figura 2.1 - Problemas na qualidade das habitações do PMCMV (Bohm, 2018)

A habitação deve ser constituída por um conjunto de três elementos: a unidade habitacional, a infraestrutura urbana, ou seja, redes de água e esgoto, iluminação pública, drenagem pluvial, pavimentação, redes de informação, etc. e os serviços urbanos, como transporte, saúde, educação, coleta de lixo, lazer, cultura, entre outros (PERISSINOTTO ; BARON, 2011).

É necessário revisar da política habitacional, de modo que a escolha dos locais de construção seja melhor, com uma boa estrutura urbana, além de estimular a população a alugar imóveis que estejam fechados por meio de incentivo financeiro (BOHM, 2018).

2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Eventos acontecidos no Oriente Médio em 1973 geram importantes consequências para todo o mundo, quando Egito e Síria uniram forças para atacar Israel com o principal motivo de recuperar seus territórios que foram conquistados durante a Guerra dos Seis Dias, em 1967, desencadearam a Guerra de Yom Kippur, que teve intervenção dos Estados Unidos, ONU e União Soviética para realizar o cessar-fogo. Como consequência para os países que apoiaram Israel, os árabes produtores de petróleo junto aos membros da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP) boicotaram principalmente os Estados Unidos e países da Europa, restringindo venda do petróleo que fez com que o preço do barril subisse rapidamente, cerca de 400% em três meses (IPEA, 2010).

A crise perdurou pela década de 70 e junto dela veio a necessidade de reduzir as importações de petróleo e os gastos públicos, além de procurar outras formas de geração de energia (IPEA, 2010) que trouxe a conscientização de que o mais importante recurso produtor de energia era finito e estava se esgotando (TEIXEIRA, 2015). Este acontecimento representou uma oportunidade para buscar e organizar o sistema energético mundial sobre bases mais sustentáveis, descentralizando a produção de energia e

aumentando a participação de recursos renováveis na matriz energética mundial, fato que contribui para a eficiência energética (LUCON; GOLDEMBERG, 2009).

O setor energético tem a possibilidade de se desenvolver baseada no desenvolvimento sustentável além de estar conectado às dimensões: ambiental, social, econômica e política, uma vez que implicam na diversificação das fontes de energia, no uso racional dos recursos naturais e na diminuição do custo da energia.

Eficiência energética busca utilizar a energia de forma racional e consiste na relação entre energia gasta e produzida para realizar uma atividade, ou seja, gerar a mesma quantidade de energia com menos recursos naturais, ou realizar a mesma atividade com menos energia (EPE, 2019).

Há uma preocupação em mudar o paradigma construtivo, em busca da otimização dos processos construtivos e de uma melhor eficiência energética (CREA, 2009). A arquitetura é um fator crucial para aumentar a eficiência energética das edificações, sendo que os elementos que mais influenciam o consumo de energia de um edifício são cobertura e paredes, pois absorvem diretamente radiação vinda do sol que aumenta a temperatura interna durante o dia e perdendo esse calor para o exterior durante a noite, ocasionando oscilações térmicas que geram um maior gasto com sistemas mecânicos de climatização (MME, 2019).

2.4 CONCEITOS BIOCLIMÁTICOS

Um projeto de arquitetura que busca a integração entre clima e usuário prevendo uma boa eficiência energética da edificação, por meio do uso de técnicas arquitetônicas que enfatizem o uso de aquecimento, resfriamento e iluminação naturais, além de promover conforto aos usuários é chamado de arquitetura bioclimática (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

A expressão Projeto Bioclimático surgiu na década de sessenta e foi criada pelos irmãos Olgyay, que também foram responsáveis por desenvolver um diagrama que relaciona as condições externas, ou seja, os elementos do clima de um modo que satisfaçam as necessidades do conforto térmico do ser humano (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Tendo como referências o diagrama de Olgyay e carta psicrométrica, Givoni criou em 1969 uma Carta Bioclimática para Edifícios, que é utilizada até hoje (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). A ABNT Projeto 02:135.07-001/3, utiliza a Carta de Givoni como parâmetro para informar o zoneamento bioclimático brasileiro, tendo como objetivo definir as diretrizes construtivas para o desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social.

De acordo com ABNT (2005), NBR 15220, o território brasileiro foi dividido em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima, Figura 2.2, que foram resultantes de uma análise de dados obtidos entre 1931 a 1990, sendo classificados por meio da Carta Bioclimática de Givone adaptada, Figura 2.3.

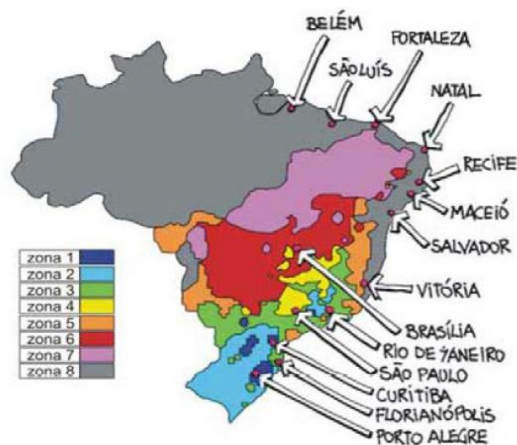


Figura 2.2 - Zonas bioclimáticas Brasileiras (Lamberts et al., 2014)

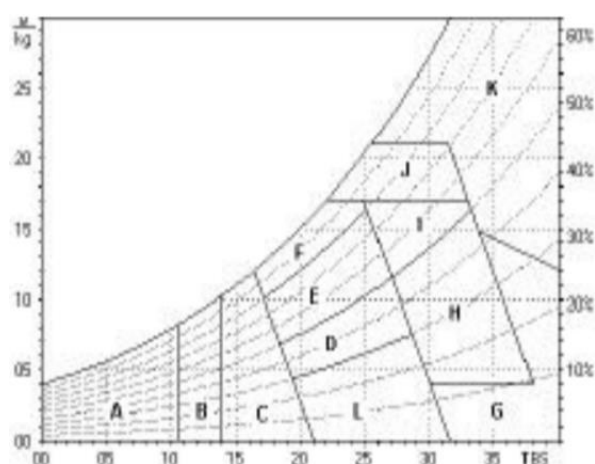


Figura 2.3 - Carta Bioclimática de Givoni adaptada ao Brasil (ABNT, 2005)

A base de dados climáticas tem como variáveis as médias mensais das temperaturas máximas e mínimas, além das médias mensais de umidades relativas do ar, sendo posteriormente colocados em uma carta bioclimática e divididas em zonas, que facilita na escolha da melhor estratégia a ser adotada em cada caso. A definição de cada zona destacada na Carta de Givoni é apresentada no Quadro 2.2 e a zona de conforto está expressa na Figura 2.4, a seguir:

Quadro 2.2 - Definição das Zonas em relação a Carta Bioclimática de Givoni (ABNT, 2005)

A	Zona de aquecimento artificial (calefação)
B	Zona de aquecimento solar da edificação
C	Zona de massa térmica para aquecimento
D	Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)
E	Zona de Conforto Térmico (NÃO PRECISA FAZER NADA!)
F	Zona de desumidificação (renovação do ar)
G + H	Zona de resfriamento evaporativo
H + I	Zona de massa térmica de refrigeração
I + J	Zona de ventilação
K	Zona de refrigeração artificial
L	Zona de umidificação do ar



Figura 2.4 - Zona de conforto (Lamberts et al., 2014)

É necessário aplicar estratégias bioclimáticas no projeto arquitetônico, para garantir por meio do desenho passivo a máxima utilização dos componentes naturais que visam proporcionar um maior conforto aos usuários sem que para isso seja necessário utilizar equipamentos mecânicos de aquecimento e arrefecimento do ambiente.

Para a formulação das diretrizes construtivas da norma se considera os seguintes parâmetros e condições de contorno (ABNT, 2005):

- tamanho das aberturas para ventilação;
- proteção das aberturas;
- vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura);
- estratégias de condicionamento térmico passivo;

2.5 TECNOLOGIAS

Com a crise do petróleo na década de 70 os edifícios também sofreram mudanças em prol de economizar energia, sendo que para diminuir as perdas energéticas a solução foi projetar edifícios mais fechados, com poucas aberturas para ventilação, esse maior isolamento reduzia as trocas de ar do interior com o exterior, que reduzia a energia gasta para refrigeração e circulação do ar, sendo necessário se preocupar apenas com a temperatura e umidade do ar interno (LEMOS, 1997).

Esses projetos inadequados acabaram por gerar nos um fenômeno chamado Síndrome dos Edifícios Doentes (SED) que foi reconhecida oficialmente pela Organização Mundial da Saúde (OMS) em 1982, definindo como os principais sintomas da doença: prurido e ardor nos olhos, dor de cabeça, fadiga, letargia irritação do nariz e garganta, dificuldade de concentração e problemas cutâneos (SANGUESSUGA, 2012).

Diante desse contexto se percebe a importância da concepção de um bom projeto arquitetônico, que use de uma maneira inteligente os recursos naturais e proporcionar um ambiente interno com qualidade para seus ocupantes, aliadas aos princípios da sustentabilidade (CREA, 2009).

Segundo Mascarenhas (2014) a sustentabilidade pode estar ligada ao material, ou seja, na forma como este é aplicado na construção, ou pode estar ligada ao edifício, pela sua forma de utilização que depende das técnicas construtivas adotadas.

2.5.1 Passivas

Os sistemas passivos são dispositivos construtivos integrados ao edifício que permitem a aplicação das estratégias bioclimáticas nos edifícios. As estratégias bioclimáticas surgiram como um instrumento da construção sustentável, sendo fundamental para proporcionar uma boa eficiência energética dos edifícios através de alguns conceitos como: orientação (para uma maior exposição às brisas de verão, de forma que também apresente uma boa iluminação natural e bons ganhos solares), distribuição interna dos espaços, localização de aberturas e concepção da forma e volume do edifício, em prol de garantir bons

níveis de conforto luminoso, acústico e térmico para seus usuários (MELLO et al., 2017) de acordo com a com a Figura 2.5, a seguir:



Figura 2.5 - Forma e orientação do edifício (Lamberts et al., 2014)

2.5.1.1 Sistema de Aquecimento Passivo

O aquecimento solar passivo ocorre através da penetração da radiação solar nas edificações que diminui tanto a necessidade de aquecimento quanto a de iluminação dos espaços internos, já que tem por objetivo coletar e acumular energia solar durante o dia, de modo que seja possível sua distribuição por transferência no período da noite. (GONÇALVES; GRAÇA, 2004). A orientação solar adequada permite maior incidência de calor e luminosidade nas moradias, conforme demonstra a Figura 2.6, a seguir:

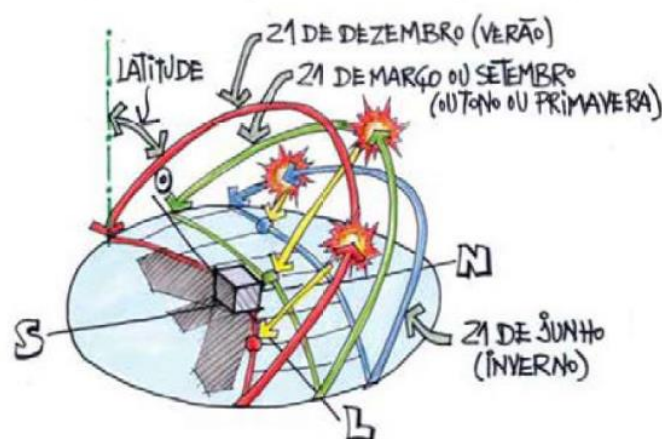


Figura 2.6 - Orientação solar (Lamberts et al., 2014)

2.5.1.1.1 Sistema de Ganho Direto

Permite a incidência direta da radiação solar nas massas térmicas envolvidas no interior do espaço, atenuando a amplitude térmica no interior do edifício. Sendo que para uma boa eficiência é necessário

obter uma boa orientação do edifício em relação ao sol e promover bom isolamento dos elementos do envolvente exterior (GONÇALVES; GRAÇA, 2004). Conforme a Figura 2.7, a seguir:



Figura 2.7 - Ganho solar direto (Lamberts et al., 2014)

2.5.1.1.2 Sistema de Ganho Indireto

A massa térmica (que pode ser uma parede de acumulação, ou um jardim de inverno) é posta entre a superfície de ganho direto e o espaço interno, essa técnica também é conhecida como parede de trombe, sendo que o calor é distribuído indiretamente para o interior e controlado pelo utilizador através de aberturas entre a zona quente da massa térmica e o espaço interno, que funciona através da convecção induzida que proporcionar a circulação do ar interno (GONÇALVES; GRAÇA, 2004). Conforme a Figura 2.8, a seguir:



Figura 2.8 - Ganho solar indireto (Lamberts et al., 2014)

2.5.1.2 Sistema de Arrefecimento Passivo

2.5.1.2.1 Ventilação natural

Essa estratégia é limpa, renovável e muito eficiente para diminuir a temperatura e controlar a umidade dos ambientes internos, além de ser um importante variável no conforto térmico, pois a velocidade do ar acelera as trocas de calor ao redor do corpo o que é muito vantajoso em climas quentes (LOPES, 2018).

A ventilação natural ocorre através da diferença de pressão existentes entre o exterior e o interior da edificação, seja por meio da ação direta dos ventos sobre a edificação ou por meio das diferenças de temperaturas entre o espaço interno e o ambiente externo. Além de ser muito importante por favorecer as trocas de ar e remover o calor no interior do edifício, para isso é necessário dimensionar e posicionar corretamente as aberturas das janelas, de modo que promova uma boa ventilação unilateral (simples) ou transversal (cruzada) (GONÇALVES; GRAÇA, 2004).

A ventilação cruzada (Figura 2.9) pode ter sua eficiência aumentada se conjugada com o efeito chaminé (Figura 2.10), já que o ar quente tende a se acumular nas partes elevadas, através da implantação de dispositivos como lanternins, exaustores eólicos, aberturas no telhado ou aberturas zenitais (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

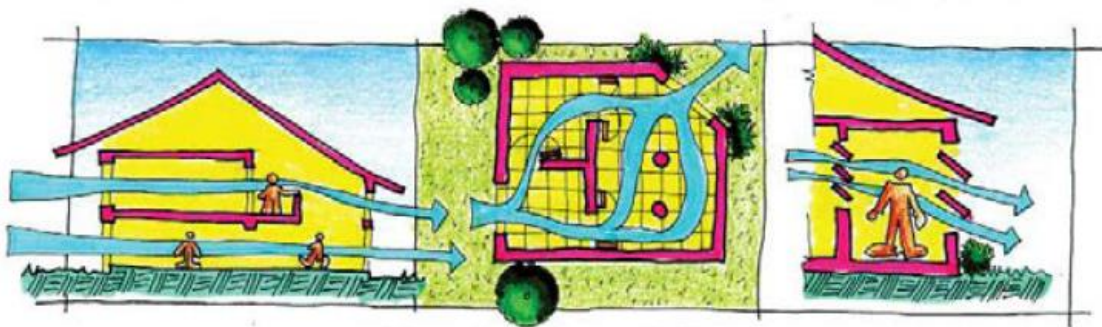


Figura 2.9 - Ventilação cruzada (Lamberts et al., 2014)



Figura 2.10 - Ventilação vertical - Efeito chaminé (Lamberts et al., 2014)

2.5.1.2.2 Arrefecimento evaporativo

Essa técnica consiste na retirada do calor do ar pela evapotranspiração das plantas ou pela evaporação da água, por meio de fontes, piscinas e lagos artificiais, ou ainda por meio de sistemas de injeção de água tipo spray no ar exterior, resfriando-o antes de entrar na edificação (GONÇALVES; GRAÇA, 2004). Conforme demonstrado nas Figuras 2.11 e 2.12, a seguir:

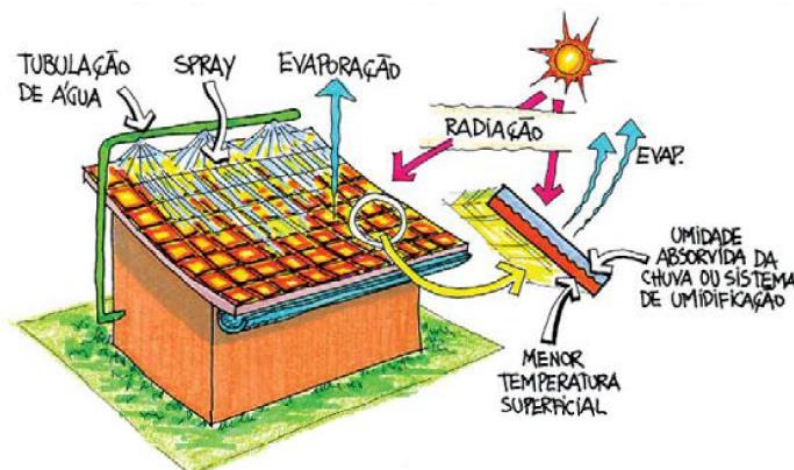


Figura 2.11 - - Método spray (Lamberts et al., 2014)

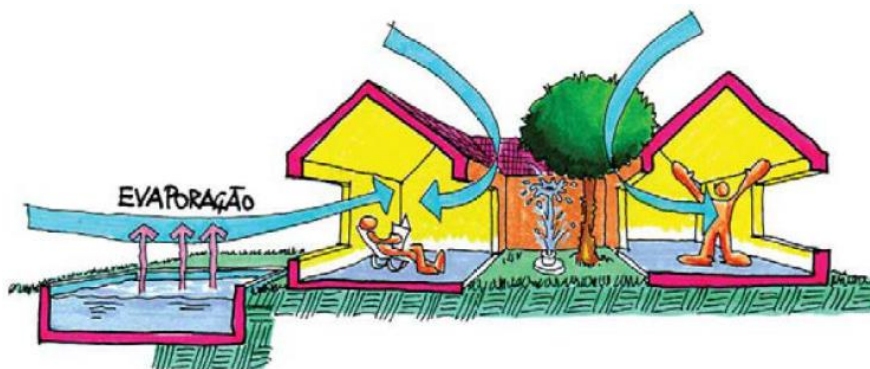


Figura 2.12 - Fonte e espelho d'água (Lamberts et al., 2014)

A implantação de um jardim sobre o telhado é uma técnica de resfriamento evaporativo indireto que contribui para o benefício térmico da construção e também proporcionar o aumento da vida útil da cobertura, sendo realizado o plantio de uma camada de substrato e vegetação com diferenças de altura, criando uma camada de ar responsável por produzir um efeito de isolamento que protege a cobertura contra radiação, além de diminuir as amplitudes térmicas que permite preservar as propriedades mecânicas do material betuminoso dobrando o tempo de vida útil da membrana de impermeabilização (AGUIAR; FEDRIZZI, 2010). Demonstrado na Figura 2.13, a seguir:

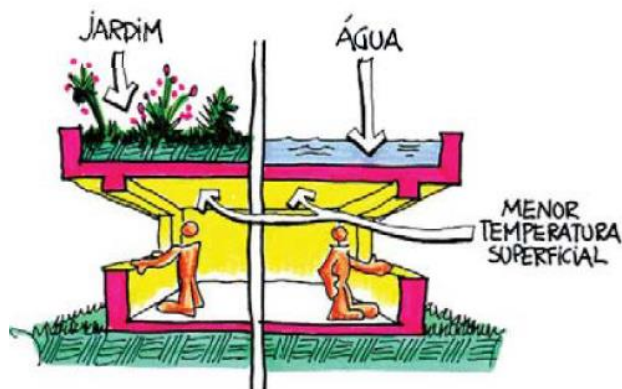


Figura 2.13 - Telhado verde (Lamberts et al., 2014)

A preservação de vegetação no entorno das edificações também ajuda no arrefecimento, formando um microclima mais fresco, já que a vegetação consome a grande parte da energia solar para realizar a fotossíntese e outra parte para a evapotranspiração. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). Conforme Figura 2.14, a seguir:

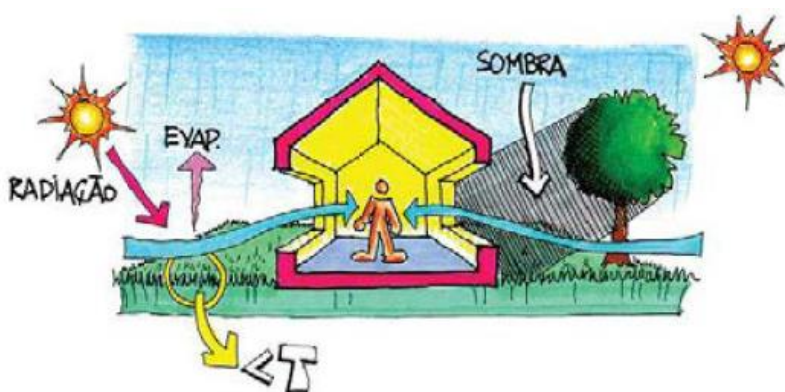


Figura 2.14 - Resfriamento evaporativo com áreas arborizadas (Lamberts et al., 2014)

2.5.2 Ativa: Solar Térmico

A energia solar é a mais limpa e abundante do planeta possibilitando o aproveitamento térmico tanto para o aquecimento de espaços internos das edificações, com o uso de técnicas de aquecimento solar passiva estudadas anteriormente, ou para aquecimento de água e geração de energia fotovoltaica, que são conhecidos como sistemas de aquecimento solar ativo (CRUZ, 2016).

Os sistemas de distribuição de energia elétrica apresentam um “horário de ponta”, ou seja, no período das 18 às 21 horas ocorre um aumento da demanda de energia elétrica, sendo seu pico em torno das 19h. Este fato ocorre em especial pelo aumento do uso dos chuveiros elétricos nas residências, apresenta baixo fator de carga (NASPOLINI, 2010).

Diferente dos países da Europa que utilizam o sistema de aquecedor a gás para esquentar a água para o banho, no Brasil é utilizado na maior parte das moradias o chuveiro elétrico, que foi desenvolvido na

década de 1940. As peças que constituem um chuveiro elétrico são basicamente o resistor imerso em um recipiente (chuveiro) no qual circula água e uma membrana de borracha, chamada de diafragma. A água exerce pressão sobre o diafragma, que faz o acionamento da chave elétrica, fechando o circuito, o que permite o funcionamento do chuveiro através da resistência que aquece e transmite calor para a água (MATAJS, 1997).

A O Aquecimento de água para banho é um dos grandes responsáveis pelos problemas energéticos enfrentados no país (NASPOLINI, 2010), o chuveiro elétrico é responsável, em média, por 30% do consumo de energia elétrica em uma residência (UNICAMP, 2014), este fator é uma motivação para investimento em painéis solares térmicos para aquecimento da água do banho, que além ser uma energia renovável também ajuda a população de baixa renda na economia de energia elétrica (PEREIRA et al., 2006).

ANEEL estabelece critérios para classificação de unidades residenciais através da Lei 10.438, que engloba as residências que têm consumo mensal entre 80 e 220 quilowatts-hora (kWh). As unidades com consumo mensal até 80 kWh são consideradas de Baixa Renda (246/02), já para obter o direito ao benefício da chamada tarifa social as unidades devem apresentar: consumo médio até 220 kWh, renda mensal per capita da família de no máximo meio salário mínimo e estar inscrito em algum programa social do Governo (ANEEL, 2016).

Considerando cinco banhos diários de 8 minutos em uma residência que apresenta um chuveiro elétrico de 5.500 W de potência apresenta cerca de 110,55 kWh/mês (EFLUL, 2019) Portanto fica claro que a população de baixa renda precisa que o Governo incentive a implantação de painéis solares para aquecimento de água para o banho, que além de ajudar na causa social acarreta numa menor necessidade de investimento em usinas hidrelétricas, ocasionando maior preservação da natureza (NASPOLINI, 2010).

As principais vantagens para adoção do sistema de aquecimento solar no Brasil são: possibilidade de compatibilização com a rede hidráulica convencional, baixo custo de operação e manutenção, geração de emprego e renda, grande economia de energia elétrica e gás, fácil substituição do sistema de aquecimento elétrico ou a gás, vida útil prolongada do sistema, inexistência de remuneração por insumo energético, fácil implantação e poucas interferências nas edificações, menor exposição ao aumento de tarifas de energia, utilizar o Sol como fonte de energia: gratuita e limpa. Além de apresentar grandes vantagens para os agentes ligados à construção civil, já que acarretam no menor custo com rede de distribuição de energia elétrica na obra e maior competitividade dos empreendimentos face à maior modernidade tecnológica (PATTO, 2009).

Os painéis solares funcionam através da absorção da radiação solar por placas coletoras que transmitem o calor para a água que circula confinada em tubos de cobre, depois de aquecida é armazenada em um boiler que preserva a água quente (CRUZ, 2016). Modelo expresso na Figura 2.15, a seguir:

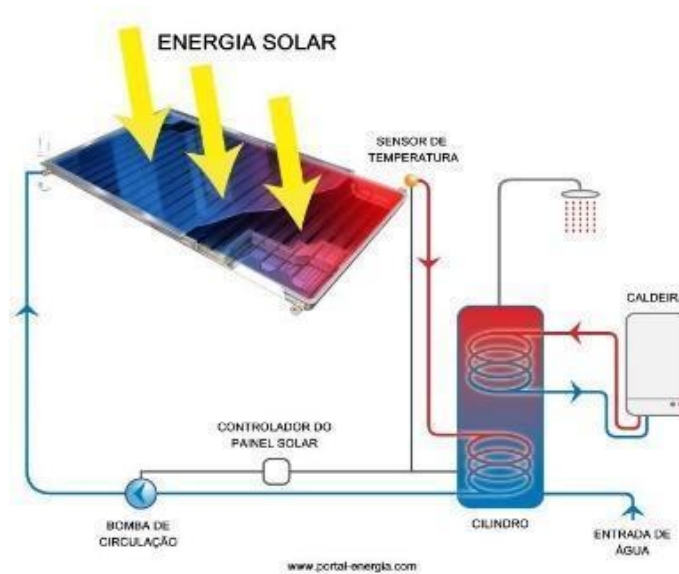


Figura 2.15 - Painel solar térmico (Portal Energia, 2018)

2.5.3 Captação de água pluvial

A preocupação com a preservação de recursos hídricos e energéticos é crescente, já que o acesso à água e energia são de necessidades básicas da população. Nos últimos anos houve um aumento do crescimento populacional nos centros urbanos e conseqüentemente a demanda por água também aumentou afetando a disponibilidade dos recursos hídricos (PINHEIRO, ARAÚJO, 2016), com isso a busca por fontes alternativas de recursos é necessária para conservar a água existente e permitir sua disponibilidade para as gerações atuais e futuras (GONÇALVES, 2009).

O aproveitamento de água pluvial (água das chuvas) é uma boa proposta a ser adotada nas edificações, já que é um recurso natural e abundante, disponibilizado nos telhados e, portanto, não deve ser desperdiçado (REVINT, 2017).

O uso do sistema de aproveitamento de água pluvial apresenta tanto vantagens ambientais pois promove o aumento da segurança hídrica para atender o crescimento populacional e/ou para atender áreas deficientes de abastecimento, apresenta baixo impacto ambiental e reduz os riscos de enchentes. Além de proporcionar vantagens econômicas, pois, reduz os custos proporcionados por inundações e alagamentos, diminui os custos energéticos do transporte (que representa de 25 a 45% do custo total da água), pois não serão necessários grandes investimentos na captação da água em mananciais cada vez mais distantes das concentrações urbanas para atender a demanda diária e a de pico, além de reduzir os custos do tratamento, pois a água terá o nível qualidade aceitável para seu uso (LIMA et al., 2011).

A NBR 5626/1998 afirma que água não potável pode ser utilizada para limpeza de bacias sanitárias e mictórios, para combate a incêndios e para outros usos onde o requisito de potabilidade não se faça necessário. Essa medida traz grande benefício social e econômico para as famílias de baixa renda, que

podem utilizar das águas pluviais para descarga, combate a incêndio, entre outros (ABNT, 1998). Podendo diminuir aproximadamente 36% das despesas da conta de água no mês (REVINT, 2017), como mostra a Figura 2.16 abaixo:

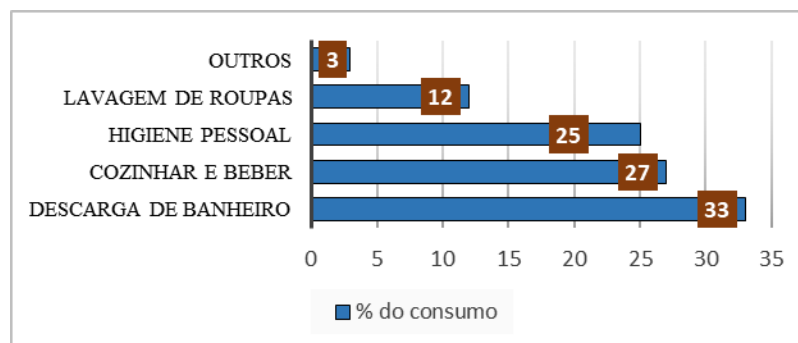


Figura 2.16 - Distribuição do consumo de água tratada nas residências (ICOS – Reuso de água)

O sistema de aproveitamento de água da chuva funciona da seguinte forma (Figura 2.17): A captação de água da chuva é feita pelas lajes de cobertura e/ou pelos telhados, o transporte é realizado pelas calhas e condutores até o sistema de armazenamento, que é a cisterna, porém antes disso é necessário realizar a retenção dos materiais grosseiros. A água recolhida nos primeiros minutos é descartada para o sistema de drenagem pluvial já que apresenta maior carga poluidora. Por fim realizado o tratamento do restante que irá ser armazenado, por meio da utilização de filtros de areia ou múltiplas camadas, que retiram a carga poluidora da água e em seguida é realizado a desinfecção do sistema por meio da cloração, que elimina os micro-organismos. A água então é armazenada e distribuídas para os pontos de utilização (TREVIZAN, 2017).

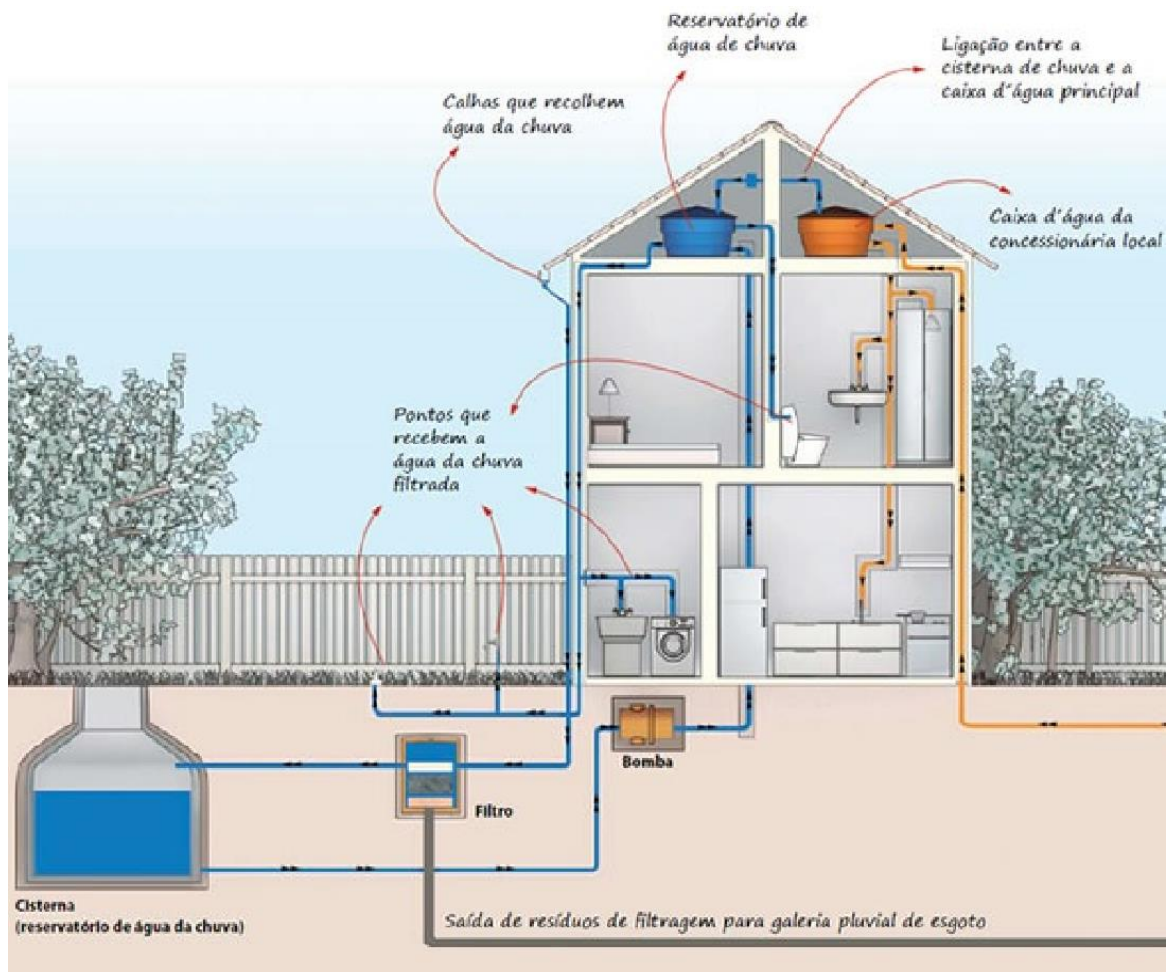


Figura 2.17 - Sistema de aproveitamento de água de chuva em uma residência (Trevizan, 2017)

CAPÍTULO 3

PESQUISA PRÁTICA

3.1 APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO

A obra está localizada no município de Cotia, São Paulo, situada na Estrada Velha do Lageado, nº 200. O empreendimento é denominado Reserva das Aves e faz parte do Programa Minha Casa Minha Vida, faixa 2, o modelo dos edifícios está expresso na Figura 3.1, a seguir:



Figura 3.1 - Modelo dos edifícios do Empreendimento Reserva das Aves (Bevilacqua, 2018)

O empreendimento em estudo possui uma área total de 318.789 m², sendo 57,87% correspondente às áreas verdes e 23,32% correspondente aos lotes, apresentados na figura 3.2 a seguir, que foram divididos em 9 fases de execução: Residencial Beija-flor, com 3 torres e 132 apartamentos, Residencial dos Canários, com 4 torres e 168 apartamentos, Residencial Bem-te-vi, com 3 torres e 128 apartamentos, Residencial das Juritis, com 4 torres e 168 apartamentos, Residencial das Araras, com 3 torres e 144 apartamentos, Residencial das Maritacas, com 6 torres e 200 apartamentos, Residencial dos Sabiás, com 2 torres e 88 apartamentos, Residencial dos Tucanos, com 6 torres e 180 apartamentos e Residencial das Andorinhas, com 5 torres e 200 apartamentos (BEVILACQUA, 2018).

Foi utilizado como objeto de estudo o Bloco B, correspondente ao Residencial Beija – Flor pois está quase concluído e apresenta uma inclinação de aproximadamente 135°, em relação ao Norte, conforme mostra a Figura 3.4, a seguir.



Figura 3.4 - Ampliação Residencial Beija-Flor (Bloco B) (Reserva das aves, 2019)

Os apartamentos apresentam 48 m² de área útil distribuídos entre: 2 quartos, sala, cozinha, banheiro, área de serviço e terraço. Conforme mostra a Figura 3.5, a seguir:



Figura 3.5 - Modelo do apartamento mobilhado (Reserva das aves, 2019)

3.2 MATERIAIS EMPREGADOS

Para a estrutura da obra foi feito a fundação em radier e foi utilizado alvenaria estrutural, com lajes de concreto armado pré-moldado entre os pavimentos. As paredes externas e internas receberam uma camada de chapisco com argamassa e depois foram rebocadas, entretanto internamente as paredes também foram revestidas de gesso e receberam uma camada de isolante acústico, com bases de polímero acrílico, na laje dos dormitórios. Nas paredes da cozinha, banheiro e área de serviço foram instalados azulejos de porcelanato.

Na cobertura foi feito a impermeabilização com manta asfáltica em cima da laje pré-moldada, sendo posteriormente colocadas as telhas de fibrocimento, conforme mostra a Figura 3.6, a seguir.



Figura 3.6 - Cobertura impermeabilizada e com telhas de fibrocimento (Bevilacqua, 2018)

3.3 DADOS BIOCLIMÁTICOS

A cidade de Cotia, onde se localiza o empreendimento, faz parte da mesma zona bioclimática que a cidade de São Paulo. Por meio da ferramenta ProjetEEE foi possível obter os dados das temperaturas (Figura 3.7) e umidade do ar (Figura 3.8) dos meses do ano, que quando inseridos na carta de Givoni é obtido a zona bioclimática da cidade (ABNT, 2005).

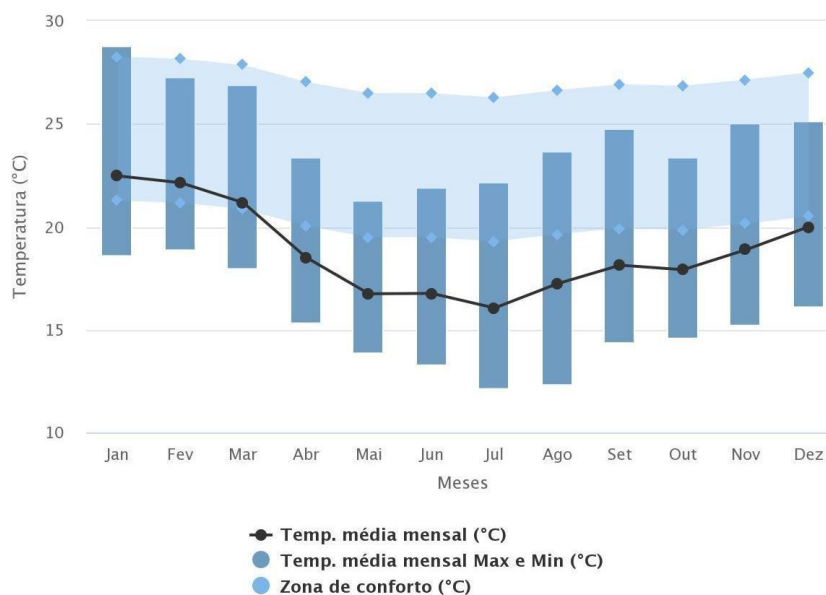


Figura 3.7 - Temperaturas e zona de conforto (ProjetEEE, 2019)

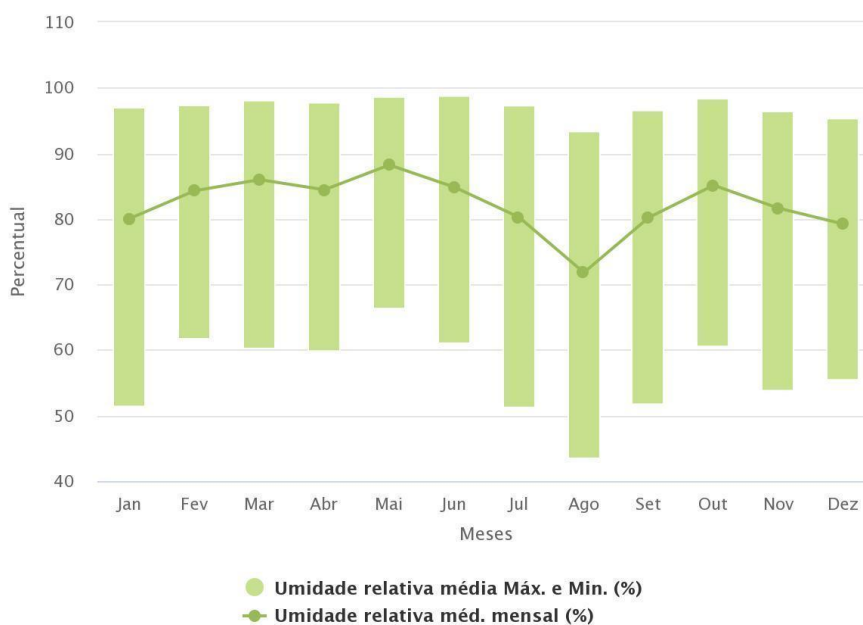


Figura 3.8 - Umidades relativas (ProjetEEE, 2019)

O critério de classificação bioclimática que se enquadram à São Paulo é referente a zona bioclimática 3 (B é obrigatório e D e H são proibidos), conforme o Quadro 3.1. As construções nesta zona são expostas à sazonalidade climática, um exemplo da carta bioclimática adotado foi relativo à cidade de Florianópolis, que também pertence a zona Z3 (ABNT, 2005), conforme a Figura 3.9, onde as estações de verão e inverno são bem definidas e representa 6,5% do território brasileiro, (PROJETEEE, 2019). O detalhamento das recomendações construtivas, a serem adotadas visando otimizar o desempenho térmico das edificações, na Z3, estão expressas no Quadro 3.2, a seguir:

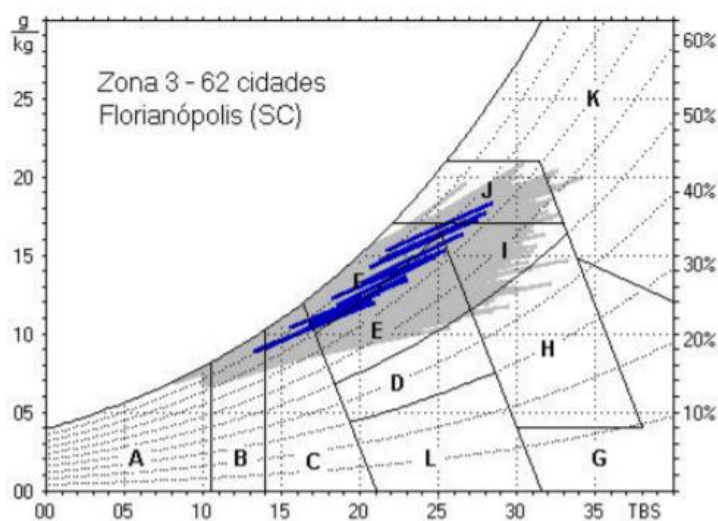


Figura 3.9 - Carta bioclimática da cidade de São Paulo (ABNT, 2005)

Quadro 3.1 - Critérios para classificação bioclimática (ABNT, 2005)

A	B	C	D	H	I	J	Zona
SIM					NÃO	NÃO	1
SIM							2
	SIM		NÃO	NÃO			3
	SIM						4
		SIM	NÃO	NÃO			5
		SIM					6
				SIM			7
			NÃO				8

Quadro 3.2 - Detalhamento das estratégias a adotar para Z3 (ABNT, 2005)

Estratégia	Detalhamento
B	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.
C	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
I e J	A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.

CAPÍTULO 4

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

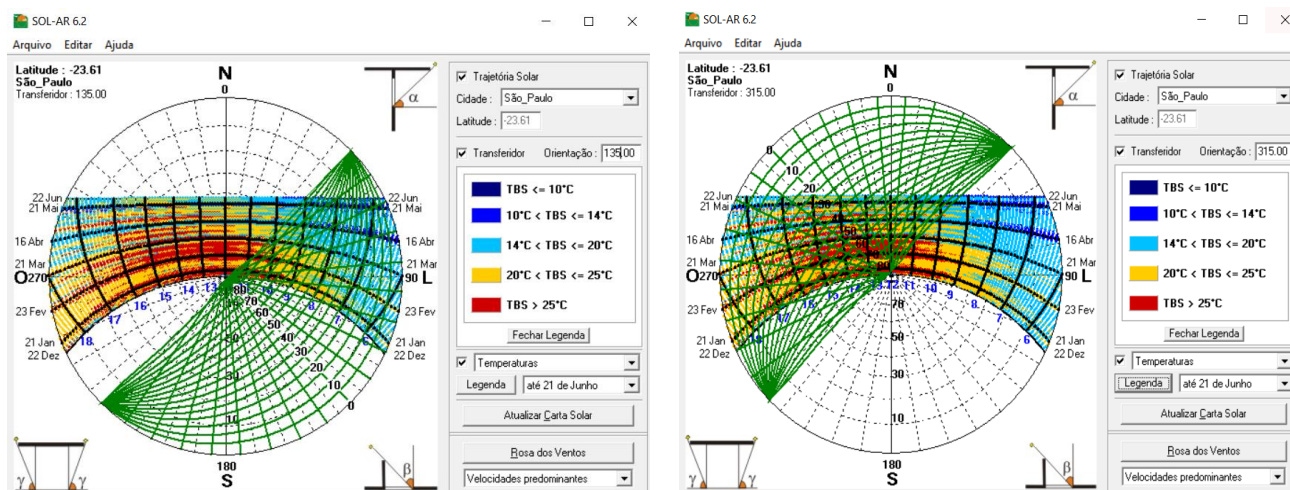
A zona bioclimática 3 proporciona 63% do ano desconforto térmico por frio e 15% de desconforto por calor, sendo apenas 22% do ano de conforto térmico (MMA, 2019). No Brasil a preocupação com o desempenho das edificações é recente e foi expressa através da norma de desempenho em edificações habitacionais (NBR 15.575), que estabelece requisitos mínimos de qualidade nas habitações que estão associadas ao cumprimento das exigências de conforto e segurança das residências (SORGATO, 2014).

A NBR 15.575 está dividida em 6 partes, sendo que o desempenho térmico em edificações relaciona as partes 1, 4 e 5 da norma, ou seja, a parte 1 estabelece três procedimentos para avaliação da adequação das habitações: procedimento simplificado, simulação e medição. O procedimento simplificado (normativo) busca o atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas por meio da avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos estabelecidos nas NBR 15.575 partes 4 e 5. Entretanto os resultados forem insatisfatórios, deve ser feita a avaliação do desempenho térmico da edificação como um todo pelo método da simulação computacional (ABNT, 2013).

4.1.1 Adequação dos Elementos Construtivos

Foi obtido pela ferramenta Analysis SOL-AR a carta solar da cidade de São Paulo, sendo possível obter a incidência da radiação solar sobre o objeto de estudo, Residencial Canários (Bloco B).

A face sudeste (SE), possui uma orientação de 135° e tem incidência solar das 06h às 12h, com temperaturas mais amenas, já a face voltada para noroeste (NO), possui uma orientação de 315° e apresenta incidência solar do 12h às 18h com temperaturas mais elevadas, conforme Figura 4.1.



a) Face sudeste do edifício

b) Face noroeste do edifício

Figura 4.1 - Carta solar (Analysis SOL-AR)

Uma observação a ser feita é em relação à simetria do pavimento tipo, pois é um fator que não trás o mesmo conforto térmico a todos os usuários, já que os apartamentos a noroeste serão mais quentes em relação aos apartamentos a sudeste, que receberem menor radiação solar durante o dia e por não disporem dos vãos envidraçados ao norte. Entretanto, é uma questão necessária para as construtoras e incorporadoras já que é a alternativa que trás maior retorno econômico devido ao maior número de unidades que serão vendidas.

O aquecimento solar passivo apresenta 13% de aplicabilidade durante o ano, principalmente no inverno, durante o período da noite/madrugada e manhã. Para o aquecimento solar passivo é necessário dispor de superfícies envidraçadas ou aberturas na direção de maior incidência solar, no caso do Brasil, essa face deve ser voltada ao norte. Como durante a noite as temperaturas caem é necessário utilizar materiais de elevada inércia térmica e esquadrias herméticas para impedir entrada de ar frio (PROJETEE, 2019).

Seria interessante o uso de dispositivos de proteção externos da face oeste (O), que recebe a maior taxa de radiação solar no dia, para controlar o aumento de temperatura nos ambientes internos que é causada pelo ganho excessivo de calor provocado pela incidência solar na edificação é necessário fazer o uso de dispositivos de sombreamento que promovam a proteção contra radiação solar (LOPES, 2018).

Já a inércia térmica tem 58% de aplicabilidade durante o ano, principalmente nas estações da primavera e outono, durante a noite. A elevada inércia térmica permite diminuição das amplitudes térmicas internas, ou seja, não apresenta grandes diferenças de temperaturas durante todo o dia, isso se deve a alta capacidade de armazenar calor dos materiais, que libera essa energia térmica armazenada aos poucos (MMA, 2019). A quantificação da inércia térmica é apresentada na Equação (4.1) (INCM, 2017).

$$I_t = \sum M_{si} \cdot r \cdot S_{ii} / A_p \quad (4.1)$$

Em que:

M_{si} – Massa Superficial útil do elemento i , [kg/m²]

r – Fator de redução da massa superficial útil

S_i – Área da superfície interior do elemento i [m²]

A_p – Área interior útil do pavimento, [m²]

Os blocos de concreto de (14x19x39cm) pesam 11,7 kg, em 1m² de parede são utilizados aproximadamente 15 blocos, pesando 175,50 kg e apresenta resistência térmica 0,16 m².Kw (SANTOS et. al, 2015), já a laje e o teto pesam 250 kg/m² pois são constituídas de concreto armado que apresenta um peso específico de 2500 kg/m³ (PROTOLAB, 2019) e resistência térmica de 0,06 m².Kw (ABNT, 2005). Como os elementos construtivos dividem dois ambientes são considerados metade de sua espessura e peso, já que a outra metade estará no recinto vizinho (INCM, 2017).

Foi analisado um dormitório do apartamento que apresenta área de 2,45 x 3,20 m² e pé direito de 2,80 m. Como a resistência das paredes está entre 0,14 e 0,30 m².Cº/W seu fator de redução será 0,5. Já o piso/teto possui resistência menor que 0,14 e, portanto, fator igual à 1 (INCM, 2017).

Foi feita uma simples análise da inércia térmica, para efeito de cálculo foram considerados apenas três paredes de alvenaria com blocos de concreto (desconsiderando os envidraçados e a porta) e a laje e teto de concreto maciço.

$$I_t = (\sum_i [(M_{si} \cdot r \cdot S_i)_{\text{Parede}} + (M_{si} \cdot r \cdot S_i)_{\text{Piso/teto}}]) / A_p$$

$$\text{Paredes} = (175,5/2) \cdot 0,5 \cdot ((2,45 \cdot 2,80) + (2 \cdot 3,20 \cdot 2,80)) = 1.087,22$$

$$\text{Piso/teto} = (250/2) \cdot 1 \cdot (2,45 \cdot 3,20) = 390,45$$

$$I_t = (\sum_i [1.087,22 + 390,45]) / (2,45 \cdot 3,20) = 178,15 \text{ [kg/m}^2\text{]}$$

Pode-se observar com essa simples análise que a inércia térmica é média (Quadro 4.1), ou seja, na prática considerando os revestimentos, vãos envidraçados e porta, a inércia seria ainda maior, sendo satisfatório para a zona 3, já que as paredes internas pesadas podem contribuir para uma temperatura interna agradável e estável.

Quadro 4.1 - Classes de inércia térmica [kg/m^3] (INCM, 2017).

Classe de inércia térmica	It [kg/m^2]
Fraca	It < 150
Média	$150 \leq \text{It} \leq 400$
Forte	It > 400

A NBR 15575 parte 4, sistemas de vedações verticais internas e externas, e parte 5, sistemas de cobertura, possuem classificação de inércia térmica segundo alguns requisitos: Apresentar transmitância térmica, Quadro 4.2, e capacidade térmica, Quadro 4.3, que proporcionem pelo menos desempenho térmico mínimo estabelecido nos dois critérios para cada zona bioclimática (ABNT, 2013).

Quadro 4.2 - Transmitância térmica (U) das paredes externas [$\text{W/m}^2.\text{K}$] (ABNT, 2013).

Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 8	Zonas 3 a 8
U ≤ 2,5	¹ $\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
	² U ≤ 3,7	U ≤ 2,5

¹ Difusividade térmica: absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura. (Pinturas na cor branca, amarela, verde clara e alumínio: $\alpha \leq 0,6$ e na cor verde escura, vermelha e preta: $\alpha > 0,6$)

² Transmitância térmica: Inverso do somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais interna e externa.

Quadro 4.3 - Capacidade térmica (Ct) das paredes externas [$\text{kJ/m}^2.\text{K}$] (ABNT, 2005).

Zonas 1 a 7	Zona 8
¹ CT ≥ 130	Sem requisito

¹ Capacidade térmica: Quociente da quantidade de calor necessária para variar em uma unidade a temperatura de um sistema, pela sua área.

Os valores máximos admissíveis para a transmitância térmica (U) das coberturas, considerando fluxo térmico descendente, em função das zonas bioclimáticas estão expressos no Quadro 4.4, a seguir:

Quadro 4.4 - Transmitância Térmica (U) [W/m²K] (ABNT, 2005).

Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8		Nível de desempenho
U ≤ 2,30	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4	M
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3FV	U ≤ 1,5FV	
U ≤ 1,5	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4	I
	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5FV	U ≤ 1,0FV	
U ≤ 1,0	α ≤ 0,6	α > 0,6	α ≤ 0,4	α > 0,4	S
	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0FV	U ≤ 0,5FV	

Por meio dos valores admissíveis das características térmicas dos elementos construtivos, foi possível estudar por meio a ferramenta ProjetEEE os componentes das vedações externas (Quadro 4.5) e da cobertura (Quadros 4.6 e 4.7) do edifício e analisar se este satisfaz ou não os parâmetros definidos pela norma.

As paredes externas do edifício são compostas por uma camada de gesso interno (e = 0,5 cm), bloco de concreto (14 cm x 19 cm x 39 cm) e argamassa na face externa (e = 2,5 cm), que apresentam transmitância térmica e capacidade térmica, respectivamente, segundo ProjetEEE (2019), U = 2,8 < 3,7 e Ct = 212,2 > 130. Portanto, todos os requisitos satisfazem a norma NBR 15575.

Quadro 4.5 - Análise das vedações externas (ProjetEEE, 2019)

PAREDE - Real	
Material	Espessura (cm)
Gesso interno	0,5
Bloco concreto	14x19x39
Argamassa	2,5
a	0,4
U	2,8
Ct	212,2

A cobertura foi estudada em suas duas partes. Primeiramente, foi analisado o telhado, Quadro 4.6, que é composto por laje maciça ($e = 11 \text{ cm}$), câmara de ar ($e = 5 \text{ cm}$) e telha de fibrocimento ($e = 0,8 \text{ cm}$), apresentando, segundo ProjeTEEE (2019), $U = 2,06 < 2,3$ e que satisfaz a norma.

Quadro 4.6 - Análise da cobertura com telhado (ProjeTEEE, 2019)

COBERTURA (Telhado) - Real	
Material	Espessura (cm)
Laje Maciça	11
Câmara de ar com fluxo descendente	5
Telha fibrocimento	0,8
a	0,6
U	2,06
Ct	233

A seguir, foi analisada a laje da cobertura, Quadro 4.7, composta por laje maciça ($e = 11 \text{ cm}$), manta asfáltica aluminizada com proteção mecânica ($e = 0,4 \text{ cm}$), apresentando, também segundo ProjeTEEE (2019), $U = 2,7 > 2,3$ e, logo, não satisfaz a norma. Portanto, seria necessário aumentar a resistência desse elemento e uma maneira interessante de obter esse resultado seria adicionar uma camada de Poliestireno Expandido (EPS), conhecido como Isopor, que tem como características a leveza, capacidade de isolamento térmico e baixo custo (ARTERM, 2019).

Quadro 4.7 - Análise da laje da cobertura (ProjetEEE, 2019)

COBERTURA (Laje)- Real		COBERTURA	
Material	Espessura (cm)	Material	Espessura (cm)
Laje Maciça	11	Laje Maciça	11
Manta asfáltica	0,4	Manta asfáltica	0,4
Proteção mecânica	2,5	EPS	1
		Proteção mecânica	2,5
a	0,4	a	0,4
U	2,6	U	1,7
Ct	3142	Ct	314,6

4.1.2 Ventilação Natural

A ventilação natural apresenta 16% de aplicabilidade no ano, é responsável pela renovação do ar e resfriamento do ambiente que ocorrem pela diferença de temperatura interna e externa, ou pelas diferenças de pressão causadas pelo vento (MMA, 2019). Através da ferramenta ProjetEEE, foi possível saber a velocidade e frequência dos ventos na região, além de determinar a direção dos ventos predominantes, que possuem sentidos leste (E) e sudeste (SE), conforme mostra a Figura 4.2, a seguir.

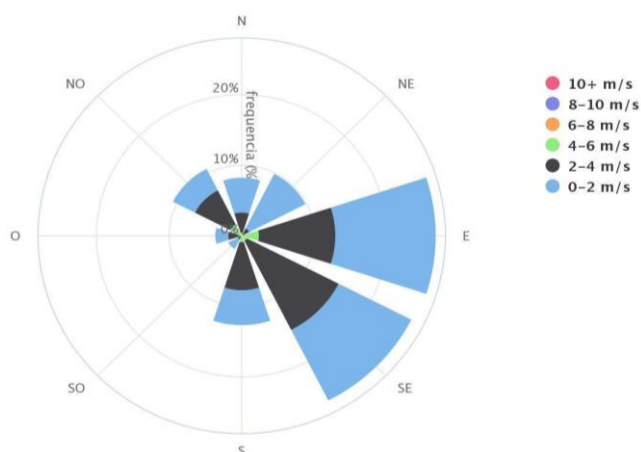


Figura 4.2 - Rosa dos ventos (ProjetEEE, 2019)

A partir disso foi possível realizar uma “simulação” que teve como base a ferramenta Fluxovento, sendo possível obter uma noção de como o ar circula no interior do edifício, pela ação dos ventos predominantes do leste e sudeste, conforme mostra a Figura 4.3, a seguir:

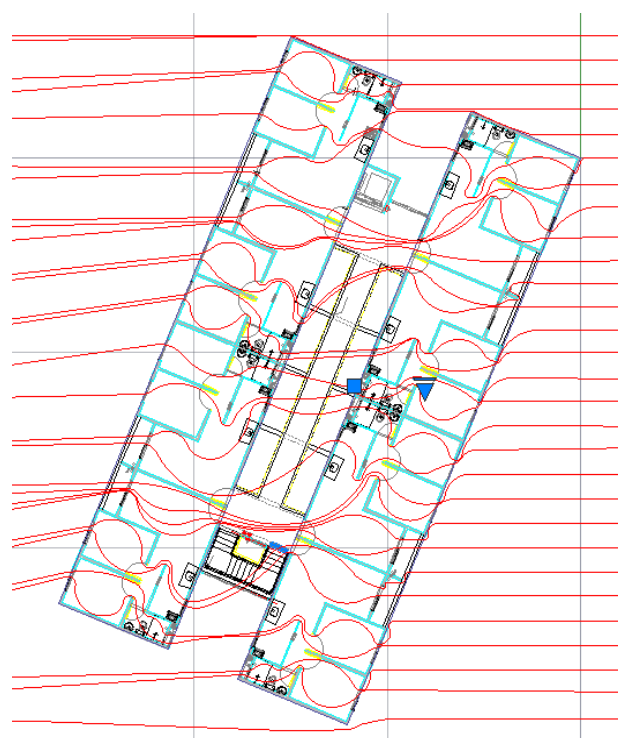


Figura 4.3 - Fluxo dos ventos predominantes no edifício (Autoria própria)

É necessário apresentar aberturas, nas fachadas das habitações, nos ambientes de longa permanência como, salas, cozinhas e dormitórios. As dimensões adequadas para proporcionar a ventilação interna dos ambientes estão expressas no Quadro 4.8 (ABNT, 2013), a seguir:

Quadro 4.8 - Aberturas mínimas para ventilação (ABNT, 2013)

Nível de desempenho	Aberturas para ventilação (A)	
	Zonas 1 a 7: Aberturas médias	Zona 8: Aberturas grandes
Mínimo	A ≥ 7% da área do piso	A ≥ 12% da área do piso região norte do Brasil
		A ≥ 8% da área do piso região nordeste e sudeste do Brasil
Nota: nas zonas de 1 a 6 as áreas de ventilação devem ser passíveis de serem vedadas durante o período de frio		

É possível observar no Quadro 4.9 que o edifício cumpre com os requisitos da norma.

Quadro 4.9 - Taxa de ventilação do edifício (NBR 15220, 2003)

Ambiente	Área (m ²)	Esquadrias		Área de ventilação natural
		Dimensões (m)	Área (m ²)	Percentual (%)
Sala	13,25	1,40 X 2,20	3,08	23%
Cozinha	6,2	1,00 X 1,20	1,2	19%
Quarto 1	8,7	1,20 X 1,20	1,44	17%
Quarto 2	8,7	1,20 X 1,20	1,44	17%

4.1.3 Energia solar

O aquecimento doméstico de água para banho gasta bilhões de kWh de energia elétrica anualmente, além do fato de que a maior parte dessa energia é consumida nos horários de pico que sobrecarregam o sistema elétrico. Entretanto com o uso da energia solar seria possível suprir essa demanda, além de proporcionar vantagens socioeconômicas e ambientais (ANEEL, 2019).

Foi escolhido como modelo de implantação o painel solar da marca Tempersol, que apresenta uma classe econômica A e produz em média 93,50 kWh/mês.m², com eficiência energética de 67,5% (INMETRO, 2018). Considerando que cada apartamento consome 165,00 kWh/mês (EFLUL, 2019) para aquecimento de água para banho a demanda de energia gasta no edifício estudado seria de aproximadamente 5.500 kWh/mês. O painel produz 63,11 kWh/mês.m², o que totalizou uma área de 87 m² e 44 painéis de 2 m² cada.

Considerando que 1 hora de banho são gastos 180 litros de água (SAAEB, 2019) em um apartamento por dia, então nos 32 apartamentos do edifício são gastos 5.760 litros de água por dia. Portanto foram considerados 10 m³ para reservatório de água quente, para isso são utilizados 2 reservatórios térmicos 5.000 litros de baixa pressão 5mca (inox 304), o reservatório térmico tem a importante função de armazenar e isolar a água da perda de calor, mantendo dessa forma a água aquecida por um longo período de tempo.

O orçamento aproximado desse sistema é: R\$ 23.000 pelos dois reservatórios térmicos, mais R\$ 33.793,00 pelos 47 painéis solares (valor unitário: R\$719,00), totalizando o valor dos equipamentos em R\$ 56.793,00. Entretanto além deste valor é preciso considerar as tubulações, bomba e quadro de comandos para automação do sistema, e mão de obra para instalação.

Apesar do elevado investimento inicial a agregação dos painéis solares térmicos na edificação contribuem para a diminuição da demanda de água nos horários de ponta, além de proporcionar uma economia anual de energia elétrica, sendo muito favorável para as famílias de baixa renda (NASPOLINI, 2010), além disso o retorno do investimento (payback) se dá em 2 anos, considerando bandeira verde para famílias de baixa renda com consumo superior a 220 kWh/mês (CEMIG, 2019), conforme podemos verificar na Equação (4.2), a seguir:

$$\text{Payback} = \text{Investimento (R\$)} / \text{Energia (kWh/mês)} * \text{Valor da tarifa (R\$)} \quad (4.2)$$

$$\text{Payback} = 75.000 \frac{\text{(R\$)}}{47 \text{ (coletores)}} * 187 \left(\frac{\text{kWh}}{\text{mês}} \right) * 67,5\% \text{ (eficiência)} * 0,54 \left(\frac{\text{R\$}}{\text{kWh}} \right)$$

$$\text{Payback} = 23,41 \text{ meses} = 2 \text{ anos}$$

Além disso é necessário abordar a questão da incidência dos raios solares na cobertura. São Paulo apresenta uma média anual de 4,55 kWh/m².dia no plano horizontal, já com uma inclinação de 24° para o norte (latitude de São Paulo) os painéis recebem maior incidência solar, com uma radiação média de 4,66 kWh/m².dia (CRESESB, 2019). Sendo mais interessante ajustar a inclinação dos dois telhados com 12°N e os painéis com inclinação 12°N para receber a maior incidência dos raios solares durante o dia.

4.1.4 Captação de água pluvial

Para cálculo do volume do reservatório foi utilizado o Método Azevedo Neto, expresso na norma NBR 15.527 (ABNT, 2007), onde o volume de chuva é obtido pela equação (4.3):

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (4.3)$$

Onde:

V = valor numérico do volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, expresso em litros (L);

A = valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m²);

P = valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm);

T = valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca.

Considerando área de coleta de 250 m², precipitação média anual de 1.519 mm e meses de pouca chuva ou seca referentes a julho e setembro, conforme a Figura 4.4, teremos:

$$V = 0,042 \times 1519 \times 250 \times 2$$

$$V = 31.899,00 \text{ Litros}$$

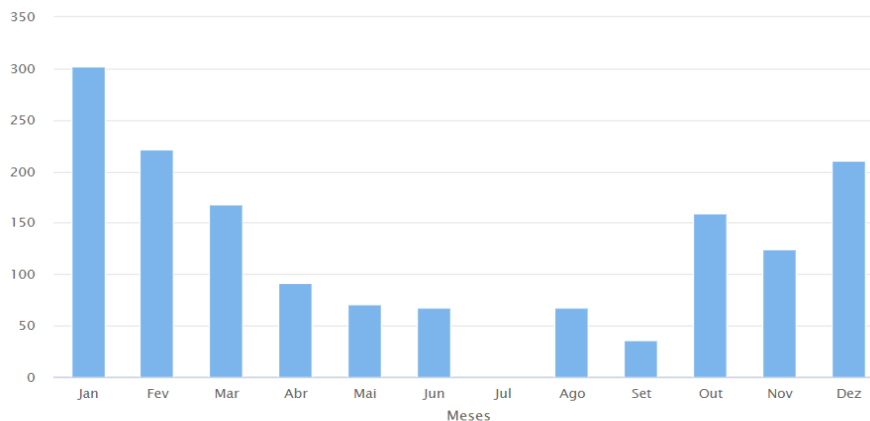


Figura 4.4 - Precipitações de chuva mensal (mm) (ProjetEEE, 2019)

O consumo de água para casas populares é de 120 a 150 l/hab.dia (TREVISAN, 2017). A água gasta apenas com descarga corresponde à aproximadamente 49 litros (33%) considerando os 32 apartamentos e 4 pessoas em média por apartamento, que corresponde a 6.272 litros de água por dia.

Para a construção do reservatório foi optado pela construção de uma cisterna externa de tela-cimento, já que é apropriado a projetos de grandes dimensões, possui rápida construção, com pouca necessidade de matéria-prima, não exigem trabalhos de escavação pois ficam na superfície e são praticamente à prova de vazamentos, contudo se houver algum problema é de fácil conserto (GNADLINGER, 1999). Como o reservatório será de aproximadamente 32 m³, o diâmetro necessário seria de 4,5 m, com 6 cm de espessura de parede, conforme parâmetros da Quadro 4.10, a seguir.

Quadro 4.10 - Dimensões do reservatório de tela-cimento (Gnadlinger, 2019)

Volume	10.000 litros	20.000 litros	40.000 litros
Diâmetro	2,50 m	3,6 m	5,2 m
Altura	2 m	2 m	2 m
Circunferência	7,85 m	11,3 m	16 m
Espessura da parede	4 cm	5 cm	6 cm
Fundação	1) retirar a terra solta 2) 10 cm de seixo e areia 3) 7,50 cm de concreto		

Para a construção primeiramente é necessário retirar a camada de matéria orgânica do solo, em seguida é feito uma camada de 10 cm de seixo e areia, e outra com 7,50 cm de concreto, que servem como fundação (GNADLINGER, 1999).

Para a cisterna é preciso fazer uma forma cilíndrica (figura 27) de chapa de aço plano de (1 m x 2 m x 0,9 mm), que são seguradas por cantoneiras e parafusadas umas às outras, em seguida a forma é envolvida com tela de arame, que deve passar por debaixo da forma e cobrir uma largura de aproximadamente 50 cm no fundo da cisterna, em seguida é envolvido com arame de aço galvanizado com uma espessura de 2 ou 4 mm (GNADLINGER, 2019).

Depois de aplicadas duas camadas de argamassa (figura 28) na parte exterior a forma de aço é retirada e reusada para construir outras cisternas, se necessário. O interior deve ser rebocado duas vezes e depois coberto com nata de cimento. O teto da cisterna é feito a partir de placas de tela-cimento (Figura 4.5) (GNADLINGER, 1999).



a) Construção das formas



b) Primeira mão de argamassa



c) Placas de cimento para tampa



d) Cisterna finalizada e rejuntada

Figura 4.5 - Etapas da construção da cisterna externa (Schistek, 2005)

4.2 CONCLUSÃO

As mudanças no setor construtivo visando à sustentabilidade são de extrema importância para a sociedade atual, com a concepção de projetos que busquem a eficiência energética e promovam uma relação harmoniosa entre o homem e meio ambiente.

De acordo com as estratégias bioclimáticas necessárias para a zona bioclimática 3, onde se encontra o empreendimento, foram analisadas a orientação e a implantação da edificação, que são os principais fatores que contribuem para otimizar o aquecimento dos ambientes no período frio. Pela análise feita, foi possível perceber que a orientação do edifício é adequada, sua face noroeste apresenta grande incidência de radiação solar o que é interessante principalmente nos períodos de inverno. Todavia é interessante

implantar dispositivos de sombreamento na face noroeste, para impedir que os raios solares no verão não entrem diretamente no ambiente promovendo maior desconforto térmico para seus usuários.

A orientação do edifício e a planta arquitetônica do pavimento-tipo também auxiliam na ventilação cruzada adequada, além de satisfazer a taxa de ventilação definida pela NBR 15.520, permitindo satisfatória circulação de ar pelos ambientes da edificação.

A norma também aponta que a adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido, portanto foi feita uma simples análise apenas levando em conta a estrutura da envoltória do quarto analisado, desconsiderando revestimentos, vãos envidraçados e porta, obtendo-se um nível de inércia térmica média, que já é satisfatória para o empreendimento estudado.

Foram analisadas as vedações externas por meio dos componentes construtivos da edificação a fim de verificar se estão de acordo com a norma de desempenho de edifícios (NBR 15.575), que avalia o desempenho térmico dos elementos construtivos em função da transmitância térmica e da capacidade térmica do material.

Por meio dos valores admissíveis dessas características foi possível verificar que as vedações e a cobertura com telhado, cumprem com os requisitos da norma, entretanto a laje da cobertura apresenta transmitância térmica um pouco acima do permitido, sendo necessário aumentar um pouco sua resistência térmica.

A implantação de painéis solares térmicos seria importante para reduzir o custo com eletricidade gasta para aquecer a água para banho, ou seja, são capazes de gerar 165 kWh/mês para cada apartamento, considerando uma tarifa de R\$ 0,54 a economia gerada é de aproximadamente R\$89,00/mês na conta de cada família. Além fácil implantação e economia de eletricidade, apresenta apenas 2 anos para retorno do investimento, sendo uma alternativa interessante para as famílias de baixa renda.

Já o sistema de captação de água pluvial é responsável pela economia de água, podendo economizar mais de 6 mil litros de água para o uso das descargas, podendo contribuir com outras atividades no edifício. Entretanto depende fatores climáticos da natureza, podendo não suprir a demanda diária, mas é uma opção interessante e sustentável a ser implantada pela economia de água que pode ser adquirida, necessitando de menos água tratada pela companhia.

Contudo, grande parte habitações do PMCMV apresentam diversos problemas que vão além da composição dos elementos construtivos da habitação e da conta de eletricidade e água. Muitas vezes a falta de infraestrutura e serviços inviabilizam o empreendimento, além de acarretar no “atraso da entrega” de milhões de apartamentos aos moradores, o que faz com que o déficit habitacional não diminua na proporção que deveria.

Os locais de construção devem ser escolhidos pensando numa boa estrutura urbana, pois as habitações precisam de infraestrutura e serviços, para que essas pessoas possam ter oportunidades de emprego, escolas para seus filhos e acesso à serviços básicos como, transporte público, supermercados e drogarias.

Por fim, percebe-se que muito deve ser feito, não só para solucionar o déficit habitacional, mas também para promover moradia digna às famílias, sem falhas construtivas e com infraestrutura. A implantação de tecnologias passivas pode proporcionar até 30% de economia de energia elétrica, aproximadamente o mesmo gasto que se tem com o chuveiro.

Essas medidas auxiliam na eficiência energética e na diminuição dos gastos com eletricidade no restrito orçamento das famílias de baixa renda beneficiadas pelo Programa.

4.3 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Sabe-se que o conceito de sustentabilidade na construção civil está diretamente ligada ao conceito de Green Building, que é uma edificação que utiliza o seu local, a energia, água e materiais de forma eficiente, gerando economia a longo prazo, além de pensar na saúde e conforto dos ocupantes.

Entretanto, a sustentabilidade em uma construção civil vai além das práticas estudadas acima, existem várias outras práticas sustentáveis que podem ser implantadas na obra, como o consumo consciente de matéria prima, o reaproveitamento de resíduos e a minimização de desperdícios.

Fazer com que os materiais sejam reutilizados, definir alternativas para a exploração dos recursos naturais e encontrar novas formas de geração de energia e pensar na logística de distribuição dos produtos devido ao gasto de energia e poluição, são atitudes que diminuem os impactos da construção no ambiente.

O uso dos chamados “eco-materiais” também reduzem o consumo energético e de materiais não renováveis, diminuindo assim a poluição da natureza e da atmosfera, pois diminuem as emissões de resíduos e gases. Suas principais características são, escolha de produtos que possuam matéria-prima reciclada, de um recurso renovável e de baixo consumo de energia e de água no seu processo produtivo, sendo pouco poluente e que gera poucos resíduos na sua produção e manutenção (Medina, 2006).

Portanto, seria interessante realizar um estudo sobre o ciclo de vida da obra, que está diretamente ligada aos materiais utilizados na construção e na gestão sustentável da produção e ciclo de vida desses materiais, que vão desde a extração de mineral, produção de matérias-primas até nas fases de produção, consumo e descarte final do produto.

O canteiro de obras também merece atenção, pois é responsável por gerar grandes impactos ambientais, entretanto por meio da adoção de medidas sustentáveis verificadas é possível mitigar os impactos

gerados pelos principalmente pela geração de vibração, ruídos, resíduos sólidos e perigosos, desperdício de água e energia elétrica (Figueira, Rachid, 2016).

Uma construção consciente e sustentável, além de evitar todos os prejuízos que uma obra normal traria ao meio ambiente, pode diminuir o custo final do projeto e até o seu tempo de conclusão, desempenhando um fator fundamental para tornar os processos economicamente viáveis, trazendo uma série de vantagens aos empreendedores. Assim, conhecer as principais maneiras com que uma construtora pode respeitar a natureza e o meio onde vive não se trata meramente de um diferencial competitivo. Mas sim de uma exigência cada vez maior para todas as empresas do ramo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT- NBR 5626. 1998, Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: NORMATECNICA.

ABNT- NBR 15.220. 2005, Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: NORMATECNICA.

ABNT- NBR 15.527. 2007, Água de chuva - Aproveitamento coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro: NORMATECNICA.

ABNT- NBR 15.575. 2013, Desempenho em edificações habitacionais. Rio de Janeiro: NORMATECNICA.

ABREU, Wagner Gomes de. Identificação De Práticas Sustentáveis Aplicadas às Edificações. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) . Disponível em: < http://www.poscivil.uff.br/sites/default/files/dissertacao_tese/disseracaoformatada.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2019.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 2008. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf> >. Acesso em: 29 mar. 2019.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Fator de Carga. 2010. Disponível em < http://www.aneel.gov.br/busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fbusca%3Fp_auth%3DBphiADqU%26p_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D1%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_state_rcv%3D1&_101_assetEntryId=15048659&_101_type=content&_101_groupId=656835&_101_urlTitle=fatorde-carga&inheritRedirect=true >. Acesso em: 15 mar. 2019.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Dezembro encerra o ano teste das bandeiras tarifárias. 2014. Disponível em: < http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8278&id_area=90 >. Acesso em: 14 Março 2019.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. ANEEL Regulamenta Critérios para Consumidor de Baixa Renda. 2016. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/sala-deimprensa-exibicao-2/->

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/aneel-regulamenta-criteriospara-consumidor-de-baixa-ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Energia Hidráulica – Aspectos Socioambientais. Disponível em: <
http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_hidraulica/4_10.htm >. Acesso em: 14 mar. 2019.

ASBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura. Grupo De Trabalho De Sustentabilidade. Recomendações Básicas Para Projetos De Arquitetura. 2007. Disponível em: <
http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/comitetematico/projetos/CBCS_CTProjeto_Recomendacoes%20Basicas%20GTS_Asbea_30mar2007.pdf >. Acesso em: 17 mar. 2019.

AGUIAR, Clarissa; FEDRIZZI, Beatriz. Telhados verdes na habitação de interesse social. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <
https://kipdf.com/telhados-verdes-na-habitacao-deinteresse-social_5aad75c61723dd216e749eb5.html >. Acesso em: 20 mai. 2019.

ARTEM - Isolantes Térmico. Poliestireno expandido - isopor. Disponível em: <
<http://www.artem.com.br/index.html>>. Acesso em: 27 mai. 2019

BARROS, Veronica A.; PADILHA, Norma S. Construção Sustentável e Meio Ambiente do Trabalho. Curitiba, 2016. Disponível em: <
http://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2017/4/2017_04_1435_1463.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2019.

BUENO, Cristiane. Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: Análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro. São Carlos, 2010. Disponível em: <
<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-05012011-100311/pt-br.php>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

BEVILACQUA, Edoardo Bianchi. Análise de Desempenho de edificação em alvenaria armada de blocos de concreto aplicada ao programa “Minha Casa Minha Vida”. Monografia (graduação) em Engenharia Civil pela Faculdade Armando Alvares Penteado. São Paulo, 2018.

BOHM, Thais. Especial Cidadania - Minha Casa Minha Vida não reduziu deficit habitacional, afirma estudo. Jornal do Senado, 2018. Disponível em: <
https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/538499/Cidadania_622.pdf?sequence=1>. Acesso em: 29 mar. 2019.

CAIXA - Caixa Econômica Federal. Minha Casa Minha Vida - Recursos. Disponível em: <
http://www.caixa.gov.br/poder-publico/programas-uniao/habitacao/minha-casa-minhavida/Paginas/default.aspx/saiba_mais.asp>. Acesso em: 19 mar. 2019.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Arquivo: Déficit habitacional total e por componentes - Brasil e Regiões. 2018. Disponível em: <
<http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>>. Acesso em 09 mar. 2019

CBIC- Câmara Brasileira Da Indústria Da Construção. Energia nas construções: Uma contribuição do setor à redução de emissões e de uso de fontes renováveis de energia. Brasília, 2017. Disponível em: <https://cbic.org.br/wpcontent/uploads/2017/11/Energia_na_Construcao_2017-1.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2019

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#localidade_5727>. Acesso em: 14 abr. 2019.

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. Valores de tarifa e serviços. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/ptbr/atendimento/Paginas/valores_de_tarifa_e_servicos.aspx>. Acesso em: 20 abr. 2019.

CONTO, Vanessa de; OLIVEIRA, Marcos Lucas de; RUPPENTHAL, Janis Elisa. Certificações ambientais: Contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil. - GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 12, no 4, out-dez/2017, p. 100-127. Disponível em: <<https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1749>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

CONTROLADORIA REGIONAL DA UNIÃO (CGU). Relatório de Avaliação da Execução de Programa de Governo Nº 66 Programa Minha Casa, Minha Vida - FGTS. 2017. Disponível em: <<https://auditoria.cgu.gov.br/download/9775.pdf>>. Acesso 29 mar. 2019.

CRUZ, B. Talita. Análise do Potencial de Inserção de Energia Solar Térmica para Aquecimento de Água em Residências Unifamiliares no Brasil. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/mestrado/Talita_Borges_Cruz.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2019

CREA - Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura. Sustentabilidade e Eficiência Energética no Ambiente Construído. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.crea-mg.org.br/images/cartilhas/Sustentabilidade-e-Eficiencia-Energetica-no-Ambiente-Construido.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

DIAS, Reinaldo. Gestão Ambiental: Responsabilidade Social e Sustentabilidade. São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/307855465_Gestao_Ambiental_responsabilidade_social_e_sustentabilidade?_iepl%5BgeneralViewId%5D=Rmg9YxPBL2qcdHTz1j7i4whwjNCNVnJ4ExXU&_iepl%5Bcontexts%5D%5B0%5D=searchReact&_iepl%5BviewId%5D=LMmEA3slWTezdQAecklL3g0gNdkeueXEM3YT&_iepl%5BsearchType%5D=publication&_iepl%5Bdata%5D%5BcountLessEqual20%5D=1&_iepl%5Bdata%5D%5BinteractedWithPosition1%5D=1&_iepl%5Bdata%5D%5BwithoutEnrichment%5D=1&_iepl%5Bposition%5D=1&_iepl%5BrgKey%5D=PB%3A307855465&_iepl%5BtargetEntityId%5D=PB%3A307855465&_iepl%5BinteractionType%5D=publicationTitle>. Acesso em: 14 abr. 2019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EFLUL - Empresa Força e Luz de Urussanga Ltda. Tabela de Consumo dos Aparelhos. Disponível em: < <http://www.eflul.com.br/consumidores/tabela-de-consumo>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Matriz energética e elétrica. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica> >. Acesso em: 04 mar. 2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Eficiência energética. Disponível em: < <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/eficiencia-energetica#TOPO> >. Acesso em: 20 mar. 2019.

Figueira, Ana Paula Rodrigues; Rachid, Ligia Eleodora Francovig. MEDIDAS SUSTENTÁVEIS APLICADAS EM CANTEIRO DE OBRAS. R. Eng. Constr. Civ., Curitiba - PR, v. 3, n.1, p. 17-31, jan./jun., 2016, ISSN: 2358-0259

FREITAS, Hélber. Direitos sociais: direito à moradia: Para cada indivíduo desenvolver 60 suas capacidades e até se integrar socialmente, é fundamental possuir morada, já que se trata de questão relacionada a própria sobrevivência. 2014. Disponível em: <

<https://helberfreitas.jusbrasil.com.br/artigos/145423551/direitos-sociais-direito-a-moradia> >. Acesso em 19 mar. 2019. FREITAS, Carlos C. G. Tecnologia Social e Desenvolvimento. Tese (doutorado) Pós-Graduação em Administração - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em: < <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/29679/R%20-%20T%20-%20CARLOS%20CESAR%20GARCIA%20FREITAS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 23 de abr. 2019.

FJP - Fundação João Pinheiro. Deficit habitacional no Brasil 2015. Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/docman/direi-2018/estatistica-e-informacoes/797-6-serie-estatistica-e-informacoes-deficit-habitacional-no-brasil-2015/file> >. Acesso em: 20 de mar. 2019.

GBC - Green Building Council. Brasil ocupa o 4º lugar no ranking mundial de construções sustentáveis certificadas pela ferramenta internacional LEED. Disponível em: < <http://blog.gbcbrazil.org.br/?p=4350> >. Acesso 19 mar. 2019.

GNADLINGER, João. Apresentação Técnica de Diferentes Tipos de Cisternas, Construídas em Comunidades Rurais do Semi-árido Brasileiro. Petrolina, 1999. Disponível em: < http://www.abcmac.org.br/files/simposio/2simp_gandlinger__tecnologia_cisternas.pdf>. Acesso 04 ago. 2019.

GONÇALVES, Helder; GRAÇA, João Mariz. Conceitos Bioclimáticos para os Edifícios em Portugal. Lisboa, 2004. Disponível em: <http://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/1323/1/Conceitos_20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2019.

GONÇALVES, Ricardo F. PROSAB 5: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Editora ABES. Vitória, ES. 2009. Disponível em: <https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-deprogramas/prosab/prosab5_tema_5.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.

GUIMARÃES, Roberto P.; FEICHAS, Susana A. Q. Desafios na Construção de Indicadores de Sustentabilidade. *Medieval Encounters*, v. 4, n. 2, p. 119–129, Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2009000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=pt> Acesso em: 12 ago.2019.

ICOS. Reuso da água. 2014. Disponível em: <<http://cdn.eicos.com.br/downloads/sensoresicos-reuso-de-agua.pdf>>. Acesso 22 abr. 2019.

IPEA - Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada. Petróleo: da crise aos carros flex. 2010. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&view=article&id=2321:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 23 mar. 2019.

INCM - Imprensa Nacional Casa da Moeda - Eficiência energética nos edifícios: Sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar interior nos edifícios – legislação complementar. 2ª Ed. Editora Laya. Lisboa, 2017. Disponível em: <https://play.google.com/store/books/details?id=WQdMDwAAQBAJ&rdid=book61WQdMDwAAQBAJ&dot=1&source=gbs_vpt_read&pcampaignid=books_booksearch_viewport>. Acesso em: 26 mai. 2019.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade. Coletor Solar Banho PBE, 2018. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/Coletor-Solar-Banho-PBE-2018.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2019.

JESUS, Alessandro A.; ANJOS, Alexandre R.; PELLEGRIN, Carlos F. S.; SANTOS, Enéias O.; BOAS, Gerberson F. Vilas; BRITO, Laís C.. Comportamento Histórico no Brasil da Indústria da Construção Civil e suas Atuais Perspectivas. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano 03, Ed. 07, Vol. 05, pp. 87-95. 2018. ISSN:2448-0959. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/comportamento-historico>>.

LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F.O.R. Eficiência Energética na Arquitetura . 3ª ed. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Livro%20-%20Efici%C3%Aancia%20Energ%C3%A9tica%20na%20Arquitetura.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

LEMOS E. Poluição Interior: Abordagem ao Síndrome dos Edifícios Doentes. 1997. Disponível em: <<http://repositorio.ipv.pt/handle/10400.19/725>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIMA, Jeferson Alberto de; DAMBROS, Marcus Vinicius Rodrigues; ANTÔNIO, Marco Antonio Peixer Miguel de; JANZEN, Johannes Gérson, MARCHETTO, Margarida. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. Cuiabá, 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n3/v16n3a12>>. Acesso: 14 abr. 2019.

LUCON, Oswaldo; GOLDEMBERG, José. Crise Financeira, energia e sustentabilidade no Brasil. 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ea/v23n65/a09v2365.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

LOPES, Amanda Vitor. O uso de estratégias bioclimáticas em uma edificação visando melhorias no desempenho térmico. Ouro Preto, 2018. Monografia (graduação) - Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Ouro Preto. Disponível em: < https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1705/1/MONOGRRAFIA_MelhoriasDesempenhoT%C3%A9rmico.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2019.

MARTINS, Kellen S. A. Programa Minha Casa Minha Vida: Uma Avaliação das Contribuições do Programa para a Redução do Deficit Habitacional do Brasil (2008 - 2012). São Luís, 2016. Disponível em: < <https://rosario.ufma.br/jspui/handle/123456789/1191>>. Acesso em: 28 abr. 2019.

MASCARENHAS, Jorge. Sistemas de Construção XIV - Construção e Reabilitação Sustentáveis. Portugal: Livros Hirizontes, Ed. 11, 2014.

MATAJS, Roberto Ramos. Demanda, Consumo e Custo das alternativas ao chuveiro elétrico: O exemplo do Estado de São Paulo. São Paulo, 1997. Dissertação (mestrado) – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo. Disponível em: < <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-19012012-100032/publico/RobertoRamosMatajs.PDF>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

MATOS, Dodora. Sistemas construtivos, inércia térmica e estratégias no conforto de interiores. 2018. Disponível em: < <http://www.dodoramatos.com/2018/08/24/sistemasconstrutivos-inercia-termica-e-estrategias-no-conforto-de-interiores/>>. Acesso em: 20 abr. 2019.

MEDEIROS, Ioni Donini. O Brise-Soleil Na Zona Bioclimática 3 Sob Avaliação dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. 2012. Disponível em: <http://prograu.ufpel.edu.br/uploads/biblioteca/ioni_d_medeiros-__cd.pdf>. Acesso em: 07 mai. 2019.

Medina, Heloisa V. de. PRODUÇÃO E USO SUSTENTÁVEL DE MATERIAIS: GESTÃO AMBIENTAL E ANÁLISE DO CICLO DE VIDA. Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ. Disponível em: < <https://www.cetem.gov.br/images/congressos/2006/CAC00490006.pdf>>.

MELLO, Mario Fernando; SANTOS, Eudes Vinicius dos; DORNELES, Ramires Lunardi; COSTA, Grasielle Toneto da; ROSA, Larissa; DIAS, Erica Kirchhof. A importância de estratégias bioclimáticas aplicadas no projeto arquitetônico. Rev. Adm. UFSM, Santa Maria, v. 10, Edição Especial, p. 09-25, AGO. 2017.

Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=19834659&AN=124910618&h=HoH1sLHd0sgSR5rH0mT%2FHfx6GeWt1jt2ZqVFykj1GCwO6PC%2Bc6TNX0Po3RkYgLZNotmdCIPeX%2BX9QqH2NUdoQ%3D%3D&crl=c>>. Acesso em: 25 abr. 2019.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. MMA leva selo Procel de Economia de Energia. 2015. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/informma/item/12737-noticia-acom-2015-05-891.html>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Construção Sustentável. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/urbanismosustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>>. Acesso em: 16 mar.2019.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Convenção das Nações Unidas: Acordo de Paris. 2018. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordode-paris> >. Acesso em: 17 mar. 2019.

MME - Ministério de Minas e Energia. O Que Fazer para Tornar Mais Eficiente o Uso de Energia Elétrica em Prédios Públicos. Disponível em: < <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/cartilha+ENERGIA+op1.pdf> >. Acesso em: 21 mar. 2019.

MCIDADES - Ministério das Cidades. Ministério das Cidades: Gestão Ministro Alexandre Baldy. 2018. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/atividadelegislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cdu/audiencias-publicas/audiencias-publicas-2018/06-06-18-audiencia-publica/apresentacao-ministerio-das-cidades/view>>. Acesso em 19 mar. 2019.

MOURA, Mariangela de.; MOTTA, Ana Lucia T. S. da. IX CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 2013. O Fator Energia na Construção.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. MMA leva selo Procel de Economia de Energia. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/informma/item/12737-noticia-acom-2015-05-891.html> >. Acesso em: 29 mar. 2019.

NASCIMENTO, Tainah Leão; LEÃO, Danielle Comitante; ROCHA, Joice Stela Melo. Certificação Ambiental Na Construção Civil Brasileira. 2016. Disponível em: <<http://177.8.219.7:8081/revista/index.php/R1/article/view/58>>. Acesso em 10 mar. 2019.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NASPOLINI, Helena F.; MILITÃO, Helbert S. G.; CORDINI, Jucilei; RUTHER, Ricardo. Avaliação do Potencial da Agregação da Energia Solar Térmica para Fins de Aquecimento de Água Para o Banho Humano em Núcleos Habitacionais de Baixa Renda. Revista Brasileira de Energia Solar Volume 1 Número 2, p.100-107. Santa Catarina, 2010. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil.

ONU - Organização Das Nações Unidas. A ONU e o meio ambiente. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso 18 mar. 2019.

ORESTES, Thais A. M. Construção Empresarial Sustentável: Aplicação No Setor Bancário – Agência Verde. Universidade Estadual Paulista – UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia – Campus Presidente Prudente, 2015.

OLIVETTI, Roberto Carlos. Energia, Sustentabilidade e Certificação na Construção. 2010. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/4330149-Energia-sustentabilidade-ecertificacao-na-construcao.html>>. Acesso em 12 mar. 2019.

OLIVEIRA, L. K. S.; REGO, R. M.; FRUTUOSO, M. N. M. A.; RODRIGUES, S. S. F. B. Simulação Computacional da Eficiência Energética para uma Arquitetura Sustentável. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/307998942_SIMULACAO_COMPUTACIONAL_DA_EFICIENCIA_ENERGETICA_PARA_UMA_ARQUITETURA_SUSTENTAVEL>. Acesso em: 29 mar. 2019.

PASSUELLO, Ana Carolina Badalotti; OLIVEIRA, Alexandre Führ de; COSTA, Eugenio Bastos da; KIRCHHEIM, Ana Paula. Aplicação Da Avaliação Do Ciclo De Vida Na Análise De Impactos Ambientais De Materiais De Construção Inovadores: Estudo De Caso Da Pegada De Carbono De Clínqueres Alternativos. Porto Alegre, 2014.

PATTO, Francisco R. Aquecedor Solar em Substituição ao Chuveiro Elétrico. Lavras. 2009. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/handle/1/4536>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/sobre>>. Acesso em: 14 mar. 2019.

PENA, Rodolfo F. Alves. Brasil Escola: Energia Termoelétrica. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/energia-termoeletrica.htm>>. Acesso em: 12 mar. 2019.

PEREIRA, Agostinho O. K.; BORILE, Giovani O.; ARNOLD, Cláudia de M. Meio ambiente, novos direitos e a sociedade de consumo. Caxias do Sul, RS: EducS, 2018. ISBN 978-85-7061-946-4. Disponível em: <<https://www.ucs.br/site/midia/arquivos/ebook-meio-ambiente-novos-direitos.pdf>> Acesso em: 09 set. 2019.

PEREIRA, Renato C.; SHIOTA, Robson T.; MELLO, Samuel F. de; ASSIS, Valdir; BARTOLI, Julio R. Eficiência Térmica de Coletores Solares de Baixo Custo. Foz do Iguaçu, 2006. Disponível em:

<https://www.academia.edu/36218092/EFICI%C3%8ANCIA_T%C3%89RMICA_DE_COLETORES_SOLARES_DE_BAIXO_CUSTO_-CSBC>. Acesso em: 09 set. 2019

PES, João Hélio Ferreira; ROSA, Taís Hemann da. Análise Jurisprudencial do Direito de Acesso à Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.publicadireito.com.br/artigos/?cod=bd3ef5c19067fe17>>. Acesso em: 13 mar. 2019.

PERISSINOTTO BARON, Cristina Maria. A produção da habitação e os conjuntos habitacionais dos institutos de aposentadorias e pensões – IAPs. V. 5, N° 2, p. 102 – 127. Presidente Prudente, 2011.

Disponível em: <<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiPl62ko9bkAhWylbkGHRulB6sQFjAAegQIAhAC&url=http%3A%2F%2Frevista.fct.unesp.br%2Findex.php%2Ftopos%2Farticle%2Fdownload%2F2287%2F2092&usg=AOvVaw3hsryERJOeQb8oqftkDe5r>>.

PINHEIRO, L. G. e ARAÚJO, A. L. C. Qualidade e Aproveitamento da Água da Chuva. 2015. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/4815/481554883013.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

PROJETEEE - Promoção Da Eficiência Energética De Edificações. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br/dados-climaticos/?cidade=SP+-S%C3%A3o+Paulo&id_cidade=bra_sp_sao.paulo-congonhas.ap.837800_try.1954>. Acesso: 15 abr. 2019.

PROTOLAB - Laboratório de Propriedades Termofísicas e Prototipação. Tabela de condutividade térmica de materiais de construção. Disponível em: <<http://www.protolab.com.br/Tabela-Conductividade-Material-Construcao.htm>>. Acesso em: 25 mai. 2019.

REVINT: Revista Interdisciplinar de Ensino, Pesquisa e Extensão. Estudo de Implantação de Cisterna em Habitações de Interesse Social no Projeto e Após a Conclusão da Obra. 2017. Disponível em: <http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/eletronica/article/view/258-272/pdf_148>. Acesso em: 26 mai. 2019.

Reserva das Aves. Disponível em: <<https://www.reservadasaves.com.br/residencial-beijafior>>. Acesso em: 15 mai. 2019.

ROTH, Caroline das Graças; GARCÍAS, Carlos Mello. Desenvolvimento em questão: Construção Civil e a Degradação Ambiental. Editora Unijuí. 2009. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/169>>. Acesso em: 06 abr. 2019.

SANGUESSUGA, M. S. Guerreiro. Síndrome dos Edifícios Doentes Estudo da qualidade do ar interior e despiste da eventual existência de SED entre a população do edifício “E” de um estabelecimento de ensino

superior. Dissertação - Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa Instituto Politécnico de Lisboa, 2012.

SANTOS, Joaquim César Pizzutti dos; KOTHE, Kamila Kappaun; MOHAMAD, Gihad; VAGHETTI, Marcos Alberto Oss; RIZZATTI, Eduardo. Comportamento térmico de fechamentos em alvenaria estrutural para a Zona Bioclimática 2 brasileira. Revista Matéria, ISSN 1517-7076 artigo 11671, pp.1030-1047. Santa Maria, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rmat/v20n4/1517-7076-rmat-20-04-01030.pdf>> Acesso em: 25 mai. 2019.

SAAEB - SAAE Barretos. Hora do Banho. Disponível em: <<http://www.saaeb.com.br/dicaseconomia.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

SCHISTEK, Harald. Uma nova tecnologia de construção de cisternas usando como estrutura básicas tela galvanizada de alambrado. Terezinha - PI, 2005. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/files/simposio/5simp_harold_cisternadealambrado.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2019.

SENADO - Do ecodesenvolvimento ao conceito de desenvolvimento sustentável no Relatório Brundtland, da ONU, documento que coloca temas como necessidades humanas e de crescimento econômico dos países, pobreza, consumo de energia, recursos ambientais e poluição. Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/rio20/temas-em-discussao-nario20/ecodesenvolvimento-conceito-desenvolvimento-sustentavel-relatorio-brundtland-onucrescimento-economico-pobreza-consumo-energia-recursos-ambientais-poluicao.aspx>>. Acesso em: 17 de mar. 2019.

SINDUSCON - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo. 2012. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municpioverdeazul/2012/08/residuos_construcao_civil_sp.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2019.

SORGATO, Marcio J.; DEIVIS, Ana Paula M.; MARINOSKI, Luís; LAMBERTS, Roberto. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 83-101, out./dez. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212014000400007&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 20 abr. 2019.

SPOSTO, Rosa Maria; PAULSEN, Jacob S. Energia incorporada em habitações de interesse social na fase de pré-uso: O caso do Programa Minha Casa Minha Vida no Brasil. Campinas, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.puccampinas.edu.br/seer/index.php/oculum/article/view/2281>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

TEIXEIRA, Pollyana Ramos. O brasil pós-milagre econômico: os impactos do choque do petróleo na recessão de 1973. Florianópolis, 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/158484>>. Acesso em: 03 mar. 2019.

TORRES, C. Regina. Energia Solar Fotovoltaica como Fonte Alternativa de Geração de Energia Elétrica em Edificações Residenciais. São Carlos, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18147/tde-18032013-091511/publico/dissertacao_final_rct.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2019.

TREVISAN, Monalisa. Viabilidade Econômica do Uso de Elementos Sustentáveis em Moradias de Interesse Social. Ijuí/RS, 2017. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4717/Monalisa%20Trevisan.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 06 mar. 2019.

UNICAMP. O Chuveiro na Curva do Consumo. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/unicamp/ju/597/o-chuveiro-na-curva-do-consumo>>. Acesso em: 15 mar. 2019.

WWF. Pegada Brasileira. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/pegada_brasileira/>. Acesso em: 05 de mar. 2019.

WWF. Novo relatório do IPCC sobre aquecimento de 1,5°C pede mais esforços para ação climática. Disponível em: < <https://www.wwf.org.br/?67822/Relatorio-do-IPCC-2018-sobre-aquecimento-global-de-15C-incita-mais-esforos-pa>

