

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA  
AOS PROCESSOS PRODUTIVOS

**Luana de Paula Miotto**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A UNIDADES  
HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL: MANUAL DE PROJETO  
PARA CIDADE DE FOZ DE IGUAÇU /PR.**

Foz do Iguaçu, PR  
2017

**Luana de Paula Miotto**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A UNIDADES HABITACIONAIS DE  
INTERESSE SOCIAL: MANUAL DE PROJETO PARA CIDADE DE FOZ DE  
IGUAÇU – PR.**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos.**

Orientador: José Abílio Lima de Freitas

Foz do Iguaçu, PR  
2017

**Luana de Paula Miotto**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A UNIDADES HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL: MANUAL DE PROJETO PARA CIDADE DE FOZ DE IGUAÇU – PR.**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos (EaD), da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos**

**Aprovado em 14 de julho de 2017:**

---

**José Abílio Lima de Freitas, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Geomar Machado Martins, Dr. (UFSM)**

---

**Natanael Rodrigues Gomes, Dr. (UFSM)**

Foz do Iguaçu, PR  
2017

## RESUMO

### **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADA A UNIDADES HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL: MANUAL DE PROJETO PARA CIDADE DE FOZ DE IGUAÇU – PR.**

AUTORA: Luana de Paula Miotto  
ORIENTADOR: José Abílio Lima de Freitas

Este trabalho apresenta um manual de projeto contendo diretrizes para a cidade de Foz do Iguaçu-PR, no que tange habitações de interesse social e eficiência energética. O estudo foi feito através de levantamento bibliográfico acerca de eficiência energética aplicada em habitações populares. Na sequência, coletou-se informações através da visualização dos conjuntos habitacionais populares na cidade de Foz do Iguaçu-PR. Por se tratar de habitações de interesse social, realizados através de programas do Governo Federal, como o “Minha Casa, Minha Vida”, há uma necessidade constante na melhoria de projetos implantados. Com essas informações, pôde-se identificar alternativas implantáveis em projeto desses conjuntos que tragam eficiência energética. O manual de projeto de unidade habitacional desenvolvido poderá ser usado futuramente na cidade em questão ou cidades de mesmas características. Seu uso objetiva aumentar a eficiência energética e qualidade ambiental do meio em que se insere.

**Palavras-chave:** Eficiência energética. Habitação de interesse social. Manual de projeto.

## **ABSTRACT**

### **ENERGY EFFICIENCY APPLIED TO SOCIAL INTEREST HOUSING: PROJECT MANUAL FOR THE CITY OF FOZ DE IGUAÇU – PR.**

AUTHOR: Luana de Paula Miotto  
ADVISOR: José Abílio Lima de Freitas

This work presents a project manual containing guidelines to the city of Foz do Iguaçu-PR, regarding social interest housing and energy efficiency. A study was performed through literature review about efficient energy use applied to social interest housing. Then, information was collected by physical visualization of the social housing in the city of Foz do Iguaçu-PR. Due to being social interest housing, financed by Federal government initiatives, such as “Minha Casa, Minha Vida”, there is constant need of improving the execution projects. With the data obtained, it was possible to identify doable alternatives in the projects of such housing that enhance energy efficiency. The social housing project manual developed may be used in the future on this specific city or others of similar characteristics. Its use aims to increase energy efficiency and environmental quality of the locations of implementation.

**Keywords:** Energy efficiency. Social interest housing. Project manual.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
CSI	Construction Specifications Institute
HIS	Habitação de Interesse Social
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LABEEE	Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
PMFI	Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu-PR
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
1.1	OBJETIVOS.....	8
1.1.1	Objetivo geral.....	8
1.1.2	Objetivos Específicos.....	9
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
2.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E OS PROJETOS DE ARQUITETURA.....	10
2.1.1	Conforto térmico.....	11
2.1.2	Fontes alternativas de energia.....	12
2.2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES.....	13
2.2.1	Eficiência energética para habitações de interesse social.....	13
2.3	A CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU-PR.....	14
2.3.1	Habitações de interesse social na cidade de Foz do Iguaçu-PR.....	15
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>22</b>
	REFERÊNCIAS.....	24
	APÊNDICE A – MANUAL DE PROJETO PROPOSTO.....	26

## **1. INTRODUÇÃO**

Sabe-se que na arquitetura não é possível considerar apenas forma, dimensões e cômodos. É preciso trazer ao usuário condições de habitabilidade que tragam conforto ambiental e eficiência energética.

O Brasil possui um déficit habitacional aproximado de 6 milhões de habitações (IBGE, 2014), sendo que no estado do Paraná essa parcela é de 343.000 habitações. Grande parte desse déficit atinge famílias de baixa renda. Não é difícil concluir a extrema necessidade de uso racional de energia nessas habitações que devem ser construídas, bem como nas já existentes. A eficiência energética tem o objetivo não só de economia de renda e energia, mas também de trazer qualidade de vida para essa população.

Por se tratar de habitações de interesse social, implantadas em conjuntos habitacionais realizados através de programas do governo, como o Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), há uma necessidade constante na melhoria de projetos implantados.

Outro ponto importante, é a necessidade constante de aprimorar projetos às condições bioclimáticas no seu local de implantação. Para tanto, é necessário um estudo deste local. Projetos já implantados são um meio de perceber melhoras que podem ser realizadas em futuros projetos. Segundo a Norma Brasileira NBR 15220-3:2005, pode-se avaliar o desempenho térmico de uma edificação tanto na fase de projeto quanto na edificação já construída. A mesma norma brasileira apresenta recomendações de projeto para habitações unifamiliares de interesse social. Através destas recomendações, é possível visualizar possíveis soluções para ambientes já construídos, bem como adaptar projetos para cada zona bioclimática do país.

### **1.1 OBJETIVOS**

#### **1.1.1 Objetivo Geral**

Criar um manual de projeto para unidades habitacionais de interesse social com eficiência energética aplicada, de forma a aperfeiçoar novos projetos implantados no município de Foz do Iguaçu-PR.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

Realizar levantamento bibliográfico sobre o assunto; observar os conjuntos habitacionais de interesse social existentes na cidade de estudo e analisar as decisões de projeto; buscar soluções abrangentes para futuras habitações de interesse social e relatá-las em um manual sucinto, destinado à Foz do Iguaçu-PR.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E OS PROJETOS DE ARQUITETURA

O mundo é um lugar de climas diversos, que vão se alterando com o passar do tempo. Segundo Romério (2012) sobrevivemos devido a uma arquitetura adaptada ao clima. Para tanto, utilizamos materiais e suas propriedades termofísicas, de acordo com o clima local. Na história do planeta, houve um período sem energia elétrica. A questão da eficiência energética foi tratada como assunto importante a partir dos anos 70, e vem então crescendo. Por tanto, é impossível falar do desenvolvimento sustentável da humanidade sem abordar a eficiência energética nos edifícios.

A eficiência energética está associada à edificação, enquanto o conforto ambiental está ligado aos usuários. O projeto deve, portanto, contemplar esses dois requisitos. A eficiência energética também tem como meta atingir o conforto do usuário.

Segundo Keeler (2010, pg.107) “no período seguinte à Segunda Guerra Mundial, os arquitetos outorgaram a responsabilidade pelo conforto para os engenheiros mecânicos e elétricos”. Eles acreditavam que o conforto se daria por meio de equipamentos, e não pelo projeto arquitetônico. Assim, dependiam cada vez mais de consultores externos. Muitas vezes o consumo de energia e o conforto do usuário era ofuscado pelas novas tecnologias. Não é difícil perceber que essa fragmentação do processo deixava o projeto, muitas vezes, inapropriado ao clima.

O conforto ambiental depende, entre outros fatores, do conforto visual e térmico. A destinação do ambiente que dita as condições que o ambiente deve proporcionar. Para isso, deve haver flexibilidade nas condições de conforto térmico e visual, em acordo com as múltiplas necessidades dos usuários e suas atividades.

É possível atingir o conforto através de recursos naturais (como luz solar). Outras vezes, é necessário o uso de recursos artificiais (como luz artificial). O uso destes últimos recursos deve ser otimizado de forma a gastar menos energia possível.

Apesar de as edificações residenciais tenham pouco impacto no consumo energético, 9,6% segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) de 2016, elas são

foco da eficiência energética, uma vez que os investimentos são menores e mais distribuídos na população.

Atualmente o programa do Governo Federal PMCMV obriga a entrega de unidades residenciais já com sistemas de aquecimentos solar de água. Porém nem sempre foi assim. Essa obrigatoriedade faz com que os moradores tenham menor gasto com a energia consumida pelo chuveiro elétrico, assim como a rede que abastece estes novos bairros também tem menor impacto no seu dimensionamento e abastecimento.

### **2.1.1 Conforto térmico**

No que tange conforto do homem, grande parcela se dá pelo conforto térmico. Segundo Frota (2003), uma das funções da arquitetura é oferecer condições térmicas compatíveis com o conforto térmico humano no interior dos edifícios, independente das condições climáticas externas. Para isso, são variadas as opções arquitetônicas que o projetista pode aplicar em uma edificação. O conforto térmico pode ser atingido a partir de estratégias passivas de condicionamento, mas também podem ser necessárias fontes de energia artificiais.

É sabido que o organismo humano adquire energia, através do processo de metabolismo. Aproximadamente 20% dessa energia transforma-se em potencialidade de trabalho. Os 80% restantes se transformam em calor, que é então dissipado. (FROTA, 2003).

Conforme já mencionado anteriormente, a climatização dos ambientes pode se dar de maneira natural ou artificial. Esta última deve ser feita de modo a consumir o mínimo possível de energia. Há uma gama de possibilidades de ganhos e perdas de energia entre edifício e meio. Entre os meios pelos quais a edificação pode ganhar calor, pode-se destacar condução através de fechamentos opacos e transparentes; ventilação através de aberturas, infiltrações de ar; calefação; radiação solar através de fechamentos transparentes; e ganhos internos através de motores, iluminação, ocupantes, etc. Já entre os meios pelos quais a edificação pode perder calor, destacam-se: condução através de fechamentos opacos e transparentes; ventilação através de aberturas, infiltrações de ar; resfriamento mecânico; e por evaporação.

Podemos perceber que é possível calcular e prever algumas situações, como o ganho interno de calor pode ser calculado através da ocupação do ambiente, equipamentos e iluminação artificial. A emissão de calor pelo corpo humano pode ser prevista de acordo com a atividade principal que irá desenvolver no interior da edificação. Ao projetista cabe a tarefa de tomar decisões complexas, que irão influenciar nos ganhos e perdas de calor do edifício.

Hoje em dia, há programas computacionais que auxiliam o projetista na avaliação de conforto térmico. Porém esses programas são ferramentas que, sozinhas, não garantem a satisfação dos requisitos mínimos de conforto. Ao profissional compete, na concepção do projeto, ter conhecimento geral das variáveis que influenciarão o desempenho térmico da edificação.

### **2.1.2 Fontes alternativas de energia**

É de conhecimento geral que a energia utilizada no Brasil é proveniente de várias fontes energéticas. Chamamos de Matriz Energética este conjunto de fontes, juntamente com sua parcela de contribuição no consumo total. Sabe-se também que existem fontes convencionais de energia, que são aquelas que ocupam a maior parcela da matriz energética, e as fontes alternativas de energia, que ocupam a menor parcela. As fontes de energia alternativas mais comuns são as centrais geradoras hidrelétricas, as pequenas centrais hidrelétricas, a energia solar e a energia eólica, fontes que já começaram a ser exploradas no Brasil.

Há muitas técnicas de projeto capazes de amenizar o sobrecarregamento dos recursos naturais, como por meio de elementos construídos (coberturas verdes por exemplo), ou por meio da escolha dos materiais (KEELER, 2010, pg. 170). O uso da energia nas edificações é um item que deve ser pensado de forma a contribuir para minimizar este consumo e também contribuir para a matriz energética nacional. Dentre as gerações alternativas e renováveis que podem ser inseridas nas edificações, temos a Energia Solar Fotovoltaica e a Energia Eólica. Ambas servem para geração de energia elétrica para complementação ao consumo realizado. Dados sobre os sistemas conectados podem ser encontrados no BIG (Bando de informações de Geração da ANEEL).

A eficiência energética tem grande valia para este setor pois mantém as atividades humanas na mesma em condições de conforto para os seres humanos, ao mesmo tempo que diminui seu consumo de energia.

## 2.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES

A eficiência energética das edificações abrange o consumo energético das mesmas. Pode-se dizer que a eficiência energética está associada ao melhor produto com o menor gasto de recursos, isto é, o melhor custo benefício para obtenção de energia. Sabe-se que as edificações consomem energia para sua operação enquanto proporciona conforto ao usuário.

No que tange as edificações, o Governo Federal, através de atuação conjunta entre o Ministério das Minas e Energia, Ministério das Cidades, Eletrobras, universidades, centros de pesquisa, setor da construção civil, entre outras entidades, instituiu o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA) em 2003 (AGOPYAN, 2011). Entre os objetivos da PROCEL EDIFICA, está a divulgação dos conceitos e práticas do bioclimatismo, por meio da inserção do tema conforto ambiental e eficiência energética nos cursos de Arquitetura e Engenharia, formando uma nova geração de profissionais comprometidos com o desenvolvimento sustentável do País. Por tanto, é visível a importância de atentar para a eficiência energética desde a concepção do projeto.

Outro programa que podemos considerar na concepção de um projeto, foi o desenvolvido pelo Construction Specifications Institute (CSI), uma listagem contendo 50 itens descritivos dos materiais e métodos para determinados projetos de construção. Ela ajuda a entender como projetar edificações sustentáveis com consumo eficiente dos recursos naturais. Assim, através da lista do CSI, é possível perceber as características que devem ser avaliadas na questão eficiência.

### 2.2.1 Eficiência energética para habitações de interesse social

Sabe-se que no Brasil, a questão de habitação como problema social ressurgiu no fim do século XIX, quando a urbanização está em crescimento. Já a Habitação de Interesse Social (HIS) se difere das demais habitações pelas condições financeiras de seus moradores. Porém, as necessidades de ser humano são as mesmas.

Contudo o que se vê ainda para as HIS ainda é uma arquitetura sem maiores preocupações com as especificidades da região em que a mesma está inserida. No que tange a relação de renda e consumo de energia, Romério (2012) destaca o que segue.

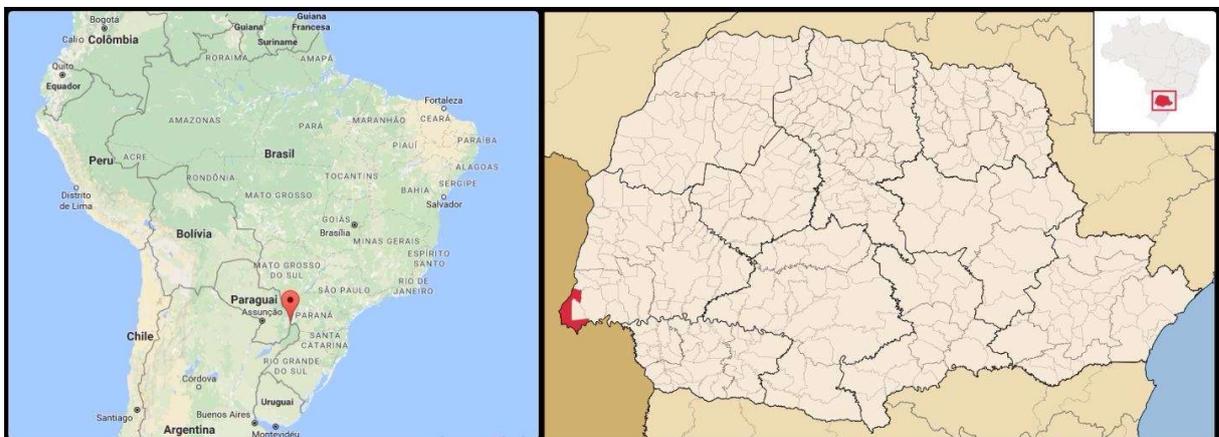
*No âmbito das discussões sobre desenvolvimento sustentável, a relação do consumo energético com a renda foi e tem sido bastante estudada, levando a conclusão de que o acesso a uma determinada quantia de energia é fundamental para resolver os problemas de disparidade de renda, assim como para promover a equidade e permitir maior facilidade e segurança na busca de desenvolvimento sustentável. (ROMÉRIO, 2012, pg. 6)*

Podemos concluir então, que uma habitação de interesse social, deve buscar não só conforto ambiental e economia, mas também soluções que busquem a eficiência energética durante a habitação do edifício construído. Para tanto, é necessário levar em consideração as especificidades e características do local.

### 2.3 A CIDADE DE FOZ DO IGUAÇU-PR

A cidade de Foz do Iguaçu está localizada no extremo oeste do Paraná, fazendo divisa com o Paraguai e a Argentina (Figura 1). Trata-se de um centro turístico e econômico do oeste do Paraná, e um dos principais destinos turísticos brasileiros (PMFI). Possui cerca de 263 mil habitantes, de acordo com a estimativa do IBGE de julho de 2013, e uma área urbana de 191,46 km<sup>2</sup> (Lei complementar nº. 116 de 08/12/06).

Figura 1 – Localização da cidade em relação ao Brasil (esquerda) e em relação ao Paraná (direita).



Fonte: A autora (2017), adaptado de Google Maps e Wikipedia.

Ainda segundo os dados disponibilizados pela Prefeitura, o clima da cidade é subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, geadas pouco frequentes e chuvas em todos os meses do ano. Classificado por Koppen como clima temperado úmido com verão quente.

A cidade possui uma das maiores amplitudes térmicas anuais do estado, chegando a 11° C de diferença média entre verão e inverno. A temperatura média anual em 2012 variou entre -1,8 °C (mínima) e 38,2 °C (máxima), com média de 22,1°C. A altitude é média de 192 metros acima do nível do mar. A umidade relativa do ar tem média de 72,4% e a precipitação pluviométrica média registrada é de 102,1 milímetros (Fonte: Ministério da Aeronáutica/DTCEA - 2012).

Os verões costumam ser muito quentes, com máximas medias em torno de 33°C, chegando a superar a marca dos 40° em alguns momentos. Os invernos são considerados amenos, apesar de propiciarem quedas bruscas de temperaturas.

As chuvas costumam ser bem distribuídas durante o ano, com a precipitação anual variando em torno de 1.800mm. O relevo da cidade apresenta encostas levemente onduladas, com solos de textura argilosa, de origem eruptiva, profundos e ricos em matéria orgânica. A hidrografia local é composta de nove microbacias hidrográficas, sendo sete delas circunscritas ao perímetro municipal. Os principais rios são: Paraná, Iguaçu, Tamanduá, São João, Almada, M'Boicy e Monjolo. A arborização no município é a mata subtropical na região do Parque Nacional e floresta tropical de várzea nas margens dos rios. A cidade está situada no fuso horário de -3 horas em relação ao Meridiano de Greenwich, sendo o mesmo de Brasília.

Com base nas estatísticas de 2010 (IBGE), podemos afirmar que em Foz do Iguaçu existem 79.233 (90,2%) domicílios ocupados, 8.408 (9,6%) não ocupados e 185 (0,2%) domicílios coletivos.

### **2.3.1 Habitações de interesse social na cidade de Foz do Iguaçu-PR**

A cidade de Foz do Iguaçu-PR possui uma relação de candidatos ao PMCMV, do Governo Federal. Conforme Portaria 595 do Ministério das Cidades de 18 de dezembro de 2013, que dispõe sobre os parâmetros de priorização e sobre processo de seleção dos beneficiários do PMCMV, o cadastro de candidatos a beneficiários é feito através de inscrição no Instituto de Habitação de Foz do Iguaçu- FozHabita.

É sabido que, quando o assunto são habitações de interesse social, grande parte das decisões de projeto se dá baseada em custos. Por este motivo, pode-se perceber que as características climáticas e ambientais da cidade não foram totalmente consideradas nas habitações existentes. Por isso, muitas vezes há um grande consumo de energia para suprir o desconforto, ou em outros casos as famílias sofrem com o desconforto. Por tanto, é necessário repensar os projetos a serem consolidados na cidade.

De acordo com a ABNT NBR 15575-1:2008 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho – Parte 1: Requisitos, as exigências do usuário relativas à habitabilidade, podem ser expressas pelos seguintes fatores: estanqueidade; conforto térmico; conforto acústico; conforto luminoso; saúde, higiene e qualidade do ar; funcionalidade e acessibilidade; e conforto tátil e antropodinâmico.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho limitou-se ao levantamento de possíveis soluções baseados na pesquisa bibliográfica descritiva por meio de livros, normas, monografias e artigos de relevância sobre o tema em estudo, através de dados e análise de informações que sustentam o manual de projeto proposto.

Também se deu a observação de conjuntos habitacionais de interesse social já existentes na cidade de estudo, através de visita a algumas moradias. Destas observações, destacam-se para o estudo:

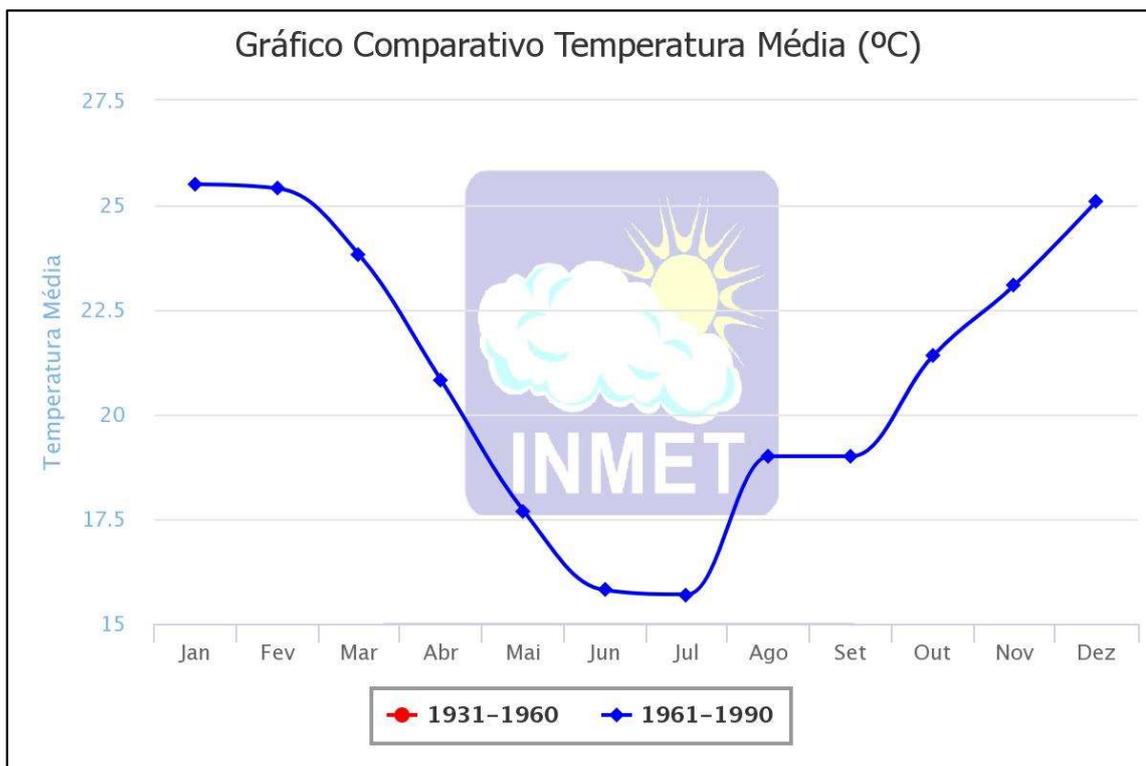
- As unidades habitacionais foram feitas sem considerar carta solar e direção dos ventos, mas sim a otimização do espaço de terreno, para caber o maior número de unidades habitacionais possíveis.
- As unidades habitacionais não possuem nenhum tipo de fonte alternativa de energia, como a solar, apenas a energia proveniente da distribuidora COPEL.
- As unidades habitacionais não possuem sistema de coleta da água da chuva.
- Os materiais utilizados foram escolhidos com base na disponibilidade do mercado e no orçamento disponível.

Percebe-se que o conforto térmico ou mesmo a eficiência energética nunca foi prioridade em termos de projeto executados na cidade de Foz do Iguaçu/PR. Muitas podem ser os motivos para tal ocorrido, mas é possível destacar tempo para execução de projetos, uma vez que os processos têm que ágeis para a liberação de recursos, que ocorrem de forma burocrática. Há também a questão de pouco orçamento, o que acaba comprometendo, em alguns aspectos, a qualidade de projeto.

Para a montagem do manual (Apêndice A), buscou-se destacar alguns dados da cidade julgados pertinentes, e na sequencia colocar as considerações que, de acordo com a metodologia, busquem um projeto eficiente energeticamente.

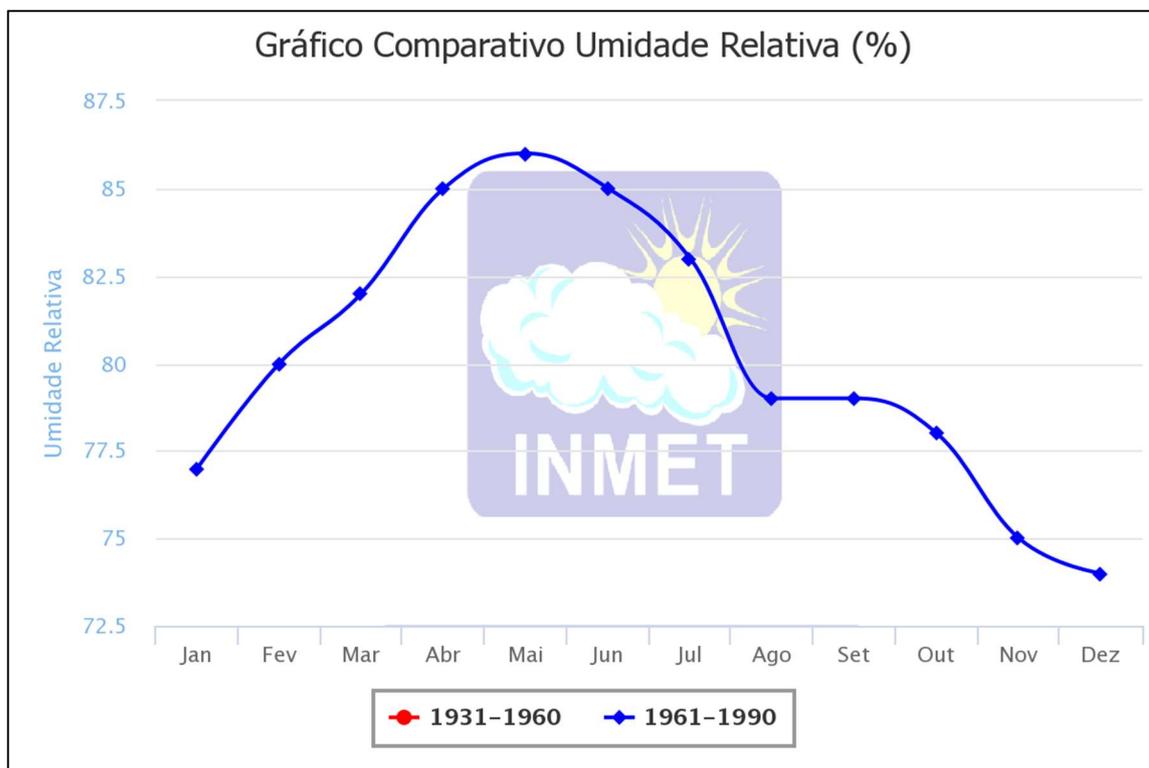
No site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), é possível pesquisar dados meteorológicos e gráficos das cidades do Brasil. É possível, por exemplo, ter acesso aos mapas climatológicos dos meses e trimestrais mais quentes e frios, bem como dos mais e menos chuvosos do período de 1961 a 2009. A Figura 2 mostra o gráfico climatológico de temperatura média, e a Figura 3 a umidade relativa, analisados nesse intervalo de tempo para Foz do Iguaçu-PR. Esses dados podem ser analisados para entender a cidade e traçar um histórico climatológico, que vai influenciar nas decisões de projeto.

Figura 2 – Gráfico de temperatura média (°C) de Foz do Iguaçu-PR, entre 1961 e 1990.



Fonte: INMET, (2017)

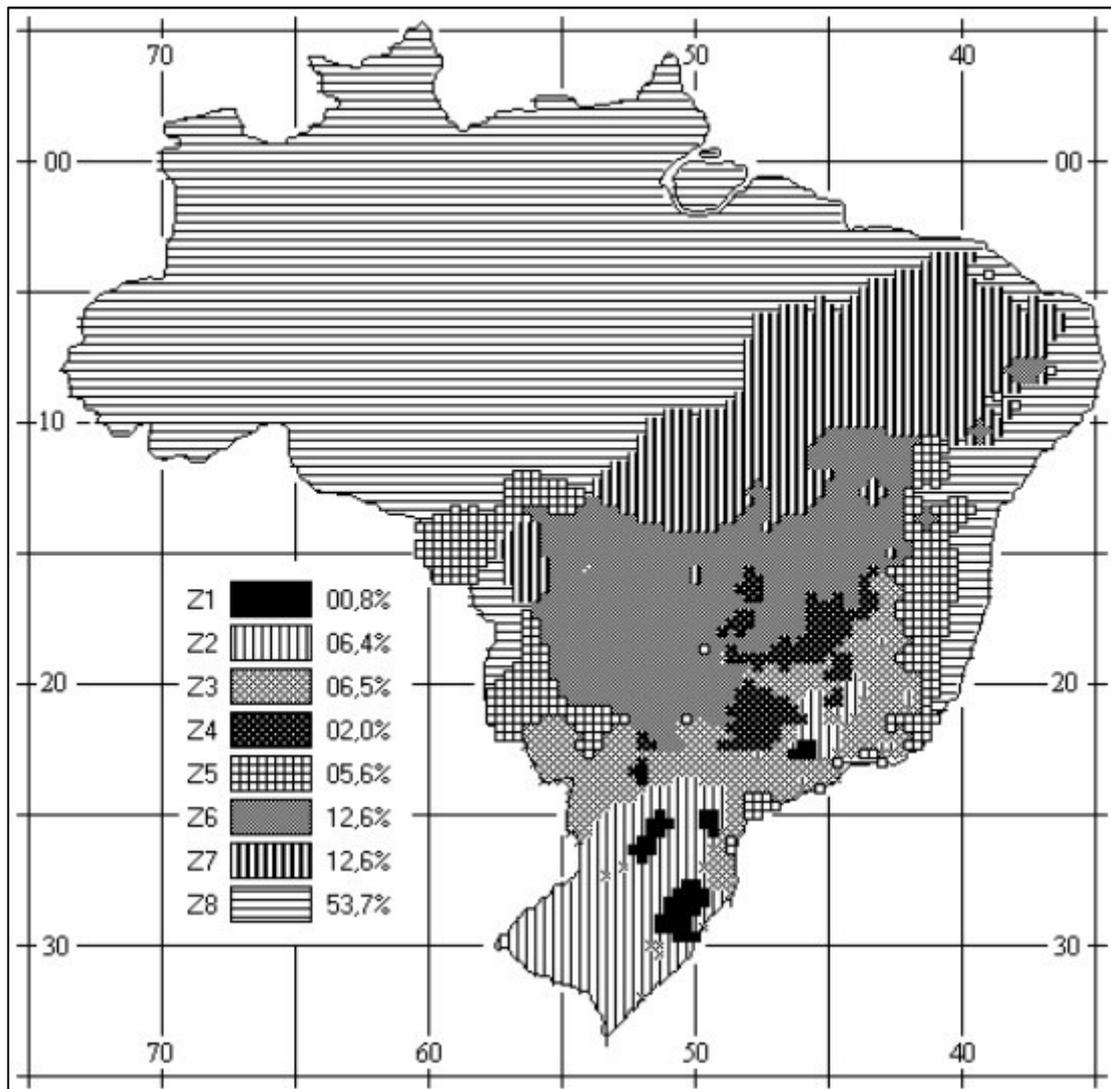
Figura 3 – Gráfico Umidade Relativa (%) de Foz do Iguaçu-PR, entre 1961 e 1990.



Fonte: INMET, (2017)

De acordo com a NBR 15220-3:2005 Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, o zoneamento bioclimático brasileiro compreende oito diferentes zonas, conforme indica a Figura 4 abaixo. É perceptível que a cidade de Foz do Iguaçu pertence à Zona 3.

Figura 4 – Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: NBR 15220-3:2005 Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento (...).

Muitas vezes, ao projetar instalações, os engenheiros usam uma ferramenta básica chamada de carta psicrométrica. No caso de projetistas, as cartas bioclimáticas simplificadas são mais úteis, uma vez que definem a zona de conforto com base na temperatura e na umidade relativa do ar. Tais cartas mostram como é possível ampliar a zona de conforto com o uso de cinco estratégias passivas ou de baixo consumo de energia, que são: aquecimento solar passivo; ventilação natural; massa térmica;

ventilação noturna de massas térmicas e o resfriamento por evaporação (KELLER, 2010, pg. 124).

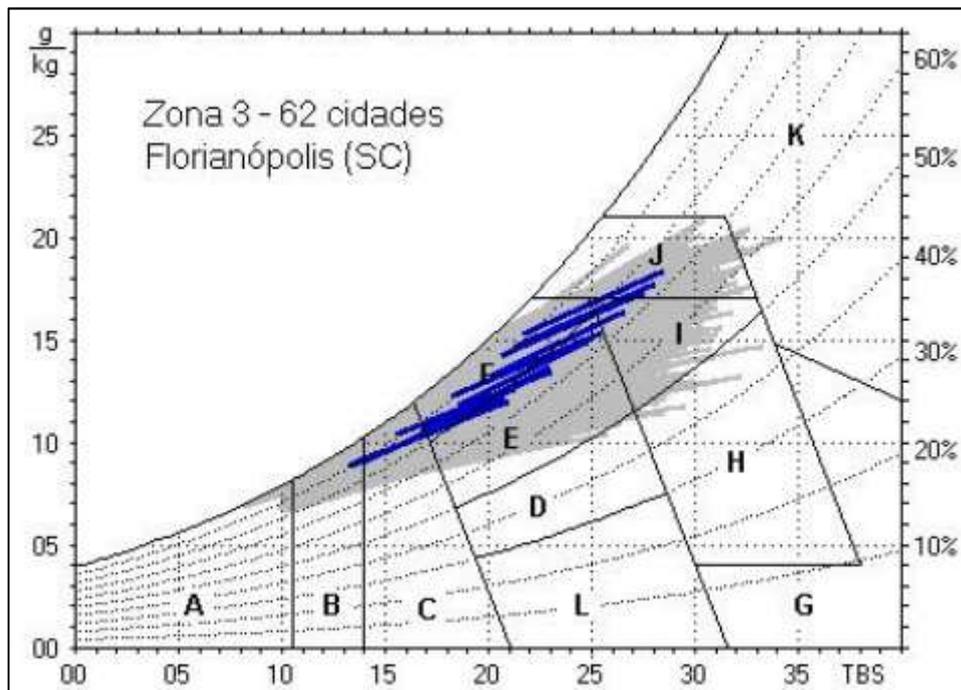
A carta bioclimática adotada para o Brasil (Figura 5) construiu-se sobre o diagrama psicrométrico, que relaciona temperatura do ar e umidade relativa. Obtendo os valores desta variável para os principais períodos do ano climático da localidade, o projetista, possivelmente, terá indicações fundamentais sobre a estratégia bioclimática a ser adotada (LAMBERTS, 1997, pg. 101). Já na Figura 6, podemos observar a Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades da Zona 3, a que pertence Foz do Iguaçu-PR.

Figura 5 – Carta bioclimática adotada para o Brasil



Fonte: LAMBERTS, 1997, pg. 102.

Figura 6 – Carta Bioclimática apresentando as normais climatológicas de cidades da Zona 3



Fonte: NBR 15220-3:2005 Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento (...).

Podemos destacar, entre as estratégias passivas, a mais importante para a cidade de Foz do Iguaçu, de acordo com suas características, a ventilação natural. A estratégia mais simples a ser adotada, no clima quente e úmido, é a ventilação cruzada. Segundo Keller (2010, pg. 125), é possível aumentar o limite da zona de conforto em até 5° C quando a umidade relativa do ar se encontra entre 20 e 50%. Deve haver tomadas e saídas de ar, na forma de janelas e venezianas em lados opostos da edificação (abertas).

De posse das informações pesquisadas e observadas, fez-se o manual de projeto proposto, chamado UNIDADES HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL: MANUAL DE PROJETO CONTEMPLANDO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA CIDADE DE FOZ DE IGUAÇU – PR e disponível no Apêndice A.

## 4 CONCLUSÃO

Pôde-se perceber, através de observações e pesquisas, que as habitações sociais realizadas em várias partes do país, tanto das autoconstruídas quanto daquelas construídas através de programas habitacionais, apresentam problemas de habitabilidade muito semelhantes. As más condições de conforto térmico e luminoso ocorrem com mais frequência, aumentando desnecessariamente o gasto de energia. (SAD DE ASSIS, et. al.). A cidade de Foz do Iguaçu não possui uma realidade diferente.

É extremamente importante que os projetistas, com os quais a habitação começa a tomar forma, mesmo que ideológica, tenham os olhos voltados para eficiência energética e o conforto do usuário. É preciso levar em conta que o emprego de materiais adequados ao clima e o correto uso da ventilação proporcionam conforto ambiental, que sistemas de conversão de energia solar ajudam a reduzir o consumo de energia, entre outras soluções. O manual proposto tem o objetivo de ser uma introdução ao projetista no caminho de uma arquitetura eficiente energeticamente e sustentável.

Notou-se que a montagem de um manual de projeto pode ser mais complexa do que aparenta, uma vez que ele precisa ser muito abrangente, pois apesar de ser a mesma cidade de implantação, cada projeto terá suas peculiaridades e necessidades. Contudo, o manual é um primeiro passo para associar as HIS à eficiência energética. A partir dele, os projetistas podem pesquisar mais sobre o assunto e repensar antigas técnicas e “vícios” de projeto que a cidade possui.

Para os trabalhos futuros, é possível sugerir alguns tópicos. Por exemplo, o manual poderia conter exemplos de aplicações, como coletores instalados em HIS, bem como lista de fornecedores da cidade. Poderia ser feito também um estudo de viabilidade de sistema de aquecedor solar térmico como alternativa para redução dos gastos com energia em HIS. Seria possível também fazer uma análise do consumo energético das HIS já existentes.

Outro ponto interessante de estudo futuro seria a execução de um protótipo de projeto de HIS para a cidade. Dessa forma, seria possível demonstrar o emprego de materiais adequados ao clima e o correto uso da ventilação, proporcionando conforto

ambiental; e sistemas de conversão de energia solar proporcionando redução do consumo e o custo social da energia.

## REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na Construção Civil**. São Paulo: Blucher, 2011.

ARANTES, Beatriz. **Conforto térmico em habitações de interesse social – Um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado) em Engenharia Mecânica. Bauru, 2012. 99f. Disponível em: <[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91724/arantes\\_b\\_me\\_bauru.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91724/arantes_b_me_bauru.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 20 mai. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13532**: Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura. Rio de Janeiro, 1995. Iv, 8 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003. Iv, 23 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**. Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008.

BRASIL. **Balanco Energético Nacional 2016**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final\\_2016\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%C3%ADntese%20do%20Relat%C3%B3rio%20Final_2016_Web.pdf)>

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 8. Ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/pr/foz-do-iguacu/panorama>>. Acesso em: 10 mai. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Gráficos Climatológicos**. Brasília, 2017. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/graficosClimaticos>>. Acesso em: 5 mai. 2017.

KELLER, M.; BILL, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010. 362 p.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FOZ DO IGUAÇU. **Sobre a cidade**. Foz do Iguaçu, 2017. Disponível em: <<http://www.pmf.pr.gov.br/>>. Acesso em: 9 mai. 2017.

ROMÉRO, M. A.; REIS, L. B dos. **Eficiência energética em edifícios**. Barueri, SP: Manole, 2012.

SAD DE ASSIS, Eleonora. et al. **Habitação Social e Eficiência Energética: um protótipo para o clima de Belo Horizonte**. Anais do II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética. Vitória, ES. Disponível em: <<http://www.arq.ufmg.br/sustentabilidade/downloads/iicbee%20art173.pdf>>. Acesso em: 3 abr. 2017.

## **APÊNDICE A – MANUAL DE PROJETO PROPOSTO**

### **UNIDADES HABITACIONAIS DE INTERESSE SOCIAL: MANUAL DE PROJETO CONTEMPLANDO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA CIDADE DE FOZ DE IGUAÇU – PR**

Esse manual de projeto tem por objetivo fornecer algumas considerações gerais sobre a cidade de Foz do Iguaçu/PR, e a partir delas, sugerir o caminho das escolhas a serem adotadas em projetos de habitações de interesse social.

Para tanto, segue primeiramente os dados da cidade, e na sequência algumas considerações aplicáveis à projetos habitacionais de interesse social na cidade de Foz do Iguaçu-PR.

Cabe lembrar que esse manual não possui efeito normativo, e não serve como material completo para desenvolvimento de projetos, quaisquer que sejam. Ele tem por objetivo trazer uma leitura durante a fase de concepção de projeto, preferencialmente durante as seguintes etapas de um projeto de arquitetura indicadas pela NBR 13532/95 (Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura): a) levantamento de dados para arquitetura (LV-ARQ); b) programa de necessidades de arquitetura (PN-ARQ); c) estudo de viabilidade de arquitetura (EV-ARQ ).

#### **Dados da cidade**

Antes de iniciar o projeto arquitetônico, deve-se ter como premissa o estudo do clima e do local de implantação. A cidade de Foz do Iguaçu está localizada no extremo oeste do Paraná, fazendo divisa com o Paraguai e a Argentina. Trata-se de um centro turístico e econômico do oeste do Paraná, e um dos principais destinos turísticos brasileiros (PMFI). Possui cerca de 263 mil habitantes, de acordo com a estimativa do IBGE de julho de 2013, e uma área urbana de 191,46 km<sup>2</sup> (Lei complementar nº. 116 de 08/12/06).

Ainda segundo os dados disponibilizados pela prefeitura, o clima da cidade é subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, geadas pouco frequentes e chuvas em todos os meses do ano. Classificado por Koppen como clima temperado úmido com verão quente. A cidade possui uma das maiores amplitudes térmicas

anuais do estado, chegando a 11° C de diferença média entre verão e inverno. A temperatura média anual em 2012 variou entre -1,8 °C (mínima) e 38,2 °C (máxima), com média de 22,1°C. A altitude é média de 192 metros acima do nível do mar. A umidade relativa do ar tem média de 72,4% e a precipitação pluviométrica média registrada é de 102,1 milímetros.

Os verões costumam ser muito quentes, com máximas medias em torno de 33°C, chegando a superar a marca dos 40° em alguns momentos. Os invernos são considerados amenos, apesar de propiciarem quedas bruscas de temperaturas.

As chuvas costumam ser bem distribuídas durante o ano, com a precipitação anual variando em torno de 1.800mm.

Uma recomendação, nessa etapa, é obter o programa *Analysis Bio*, disponibilizado pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE), para gerar a carta bioclimática da região de inserção do projeto, e a partir dos dados climáticos mais próximos disponíveis no mesmo endereço eletrônico. Dessa forma, é possível analisar quais são as estratégias bioclimáticas indicadas para a região e encontrar soluções arquitetônicas para o projeto.

### **Dados a serem considerados na fase de pré-projeto**

Com o intuito de trazer soluções que busquem eficiência energética, seguem alguns itens que devem ser considerados para concepção de projetos na cidade.

Os aspectos bioclimáticos a serem observados são:

- Correta orientação solar e aos ventos dominantes do local;
- Ventilação cruzada dentro da habitação é fundamental, dar preferência para espaços exteriores amplos, evitar barreiras edificadas para favorecer distribuição no movimento de ar;
  - Iluminação natural dos ambientes, conjuntamente com iluminação artificial composta por lâmpadas fluorescentes, e quando possível, LED. Consultar a NBR 5413-92 as iluminâncias mínimas a serem atingidas em função do tipo de tarefa visual.
  - Materiais de construção adequados ao clima local (melhor desempenho térmico);
  - Uso de fontes renováveis de energia, como a solar.

Quando se trata da forma da edificação, Roméro (2012), apresenta as seguintes “regras” para a melhoria das condições ambientais internas:

- a concepção alongada favorece o acesso de luz natural e propicia ventilação
- ventilação natural cruzada;
- utilizar cobertura dupla ou com maior isolamento térmico;
- proteger as aberturas contra chuvas;
- criar zonas climáticas: localização dos núcleos de serviços (banheiros, escadas) na orientação com maior incidência de radiação solar (proporcionando proteção e isolamento às demais áreas);
- quando a edificação possuir mais de um pavimento, projetar sombra sobre os pisos inferiores;
- evitar fachadas planas e “paredes” de vidros de pouca espessura;
- aproveitar os ventos para ventilação natural.

### **Sistemas de aquecimento de água**

O aquecimento solar por coletores é uma opção viável para o clima de Foz do Iguaçu-PR. De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (1997), quando utilizado aquecimento solar, as superfícies coletoras de calor devem ser orientadas, no Brasil (hemisfério sul) a norte e, sua inclinação deve ser calculada de acordo com a disponibilidade de sol da região e do período (na maioria das vezes a inclinação do coletor deve ser próxima a latitude local).

### **Estudo da geometria solar**

É possível obter a carta solar do local de implantação do projeto, e assim decidir a posição da edificação em relação ao sol. De maneira geral, de acordo com a trajetória do sol, para cada orientação têm-se o seguinte:

- Fachada leste: ensolarada todas as manhãs durante todas as estações;
- Fachada oeste: ensolarada em todas as tardes durante todas as estações;
- Fachada norte: sol mais baixo durante todo o dia no inverno e em boa parte da primavera e outono. No verão, o sol está mais alto e incide poucas horas do dia;
- Fachada sul: insolação inexistente no inverno, pouco presente no outono e primavera, no início e final do dia; sol mais presente no verão, no início e final do dia, desaparecendo por volta do meio-dia para a fachada.

A orientação e o tamanho das aberturas com esse tipo de fechamento contribuem para ou aumento ou diminuição da incidência de raios solares no ambiente. Outro fator que depende das dimensões dessas aberturas é a iluminação natural do ambiente. Portanto, é bastante importante o estudo da orientação solar para a implantação da edificação (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997).

## **Arquitetura Bioclimática**

A norma NBR 15220-3 apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto. Ao mesmo tempo em que estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro, são feitas recomendações de diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo, com base em parâmetros e condições de contorno fixados. Segundo a NBR supracitada, a cidade de Foz do Iguaçu/PR se classifica na Zona 3. Portanto, segue as seguintes considerações para a cidade.

### **Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 3**

- Aberturas para ventilação: devem ser do tipo médias, isto é, elas terão o seguinte tamanho em relação à área de piso do ambiente:

$$15\% < A < 25\% \text{ (sendo } A \text{ a área da abertura)}$$

- Sombreamento das aberturas: deve permitir sol durante o inverno.

### **Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 3**

- Parede: deve ser do tipo leve refletora, isto é, possuirá transmitância térmica (U), atraso térmico ( $\emptyset$ ) e fator solar ( $FS_o$ ) conforme segue:

$$U \leq 3,60 \text{ (W/m}^2\text{.K)}$$

$$\emptyset \leq 4,3 \text{ (Horas)}$$

$$FS_o \leq 4,0 \text{ (\%)}$$

- Cobertura: deve ser do tipo leve isolada, isto é, possuirá transmitância térmica (U), atraso térmico ( $\emptyset$ ) e fator solar ( $FS_o$ ) conforme segue:

$$U \leq 2,00 \text{ (W/m}^2\text{.K)}$$

$$\emptyset \leq 3,3 \text{ (Horas)}$$

$$FS_o \leq 6,5 \text{ (\%)}$$

Com base nesses dados, é possível consultar o Anexo D (informativo) - Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico de algumas paredes e coberturas da NBR em questão, para escolha de materiais, tipos de parede e coberturas.

### **Estratégias de condicionamento térmico (a se adotar)**

A mais importante das estratégias, sendo considerada obrigatória pela NBR nessa zona bioclimática, diz respeito 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.

A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.

As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.

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.

### **Leis e Normas pertinentes**

Podemos citar muitas normas e documentos que envolvem um projeto de habitação de interesse social. Porém resolveu-se listar alguns que são voltados para a eficiência energética.

- A Lei 10.285 de 2001 (Lei de Eficiência Energética), juntamente com os programas do INMETRO a fim de melhorar a eficiência energética dos eletrodomésticos: o Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE e, mais recentemente, dos edifícios com o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ).
- A ABNT NBR 15220 (2005), desenvolvida para habitações unifamiliares de interesse social, apresenta diretrizes de projeto com estratégias adequadas por zona climática, tamanho das aberturas, necessidade de

sombreamento e parâmetros de desempenho adequado para paredes e coberturas. Outra norma importante é a ABNT NBR 15575 (2008) para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, que apresenta alguns valores em relação a propriedades térmicas dos componentes (paredes e coberturas) e tamanho de aberturas.

## REFERÊNCIAS

ARANTES, Beatriz. **Conforto térmico em habitações de interesse social – Um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado). Bauru, 2012. 99f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13532**: Elaboração de projetos de edificações – Arquitetura. Rio de Janeiro, 1995. Iv, 8 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2003. Iv, 23 p.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FOZ DO IGUAÇU. **Sobre a cidade**. Foz do Iguaçu, 2017. Disponível em: <<http://www.pmfi.pr.gov.br/>>. Acesso em: 9 mai. 2017.

ROMÉRO, M. A.; REIS, L. B dos. **Eficiência energética em edifícios**. Barueri, SP: Manole, 2012.