

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO BRASIL

Marcelo de Andrade Romero¹

Resumo

Este artigo analisa o cenário da eficiência energética em habitações de interesse social no Brasil sob o ponto de vista das tecnologias é bastante distinto e diverso do cenário da eficiência energética nos países mais desenvolvidos sobretudo da América do Norte e da Europa incluindo a Austrália, a Nova Zelândia e o Japão. Nota-se naqueles países, uma prática arquitetônica diversa da prática arquitetônica praticada no Brasil na área das habitações de interesse social, devido à existência de legislações específicas de conforto ambiental e eficiência energética presentes desde o início da década de 70. Os edifícios, tanto os de interesse social como os edifícios para a classe média e edifícios de alto padrão, obedecem a estes requisitos, fazendo com que o seu desempenho seja bem mais elevado que o desempenho dos edifícios construídos e projetados no Brasil. É certo que possuímos em nosso país uma regulamentação energética, porém, de caráter voluntário e por conseguinte, não é utilizada e nem tampouco conhecida pela grande maioria dos arquitetos brasileiros. Diferentemente da opção tomada em nosso país, optando por uma legislação voluntária que sequer é conhecida, os países desenvolvidos optaram desde o início por uma legislação compulsória e as consequências tanto para o conforto térmico como para eficiência energética no setor dos edifícios foram percebidas desde os primeiros anos após a vigência destes regulamentos. Este fato foi particularmente verdade nos casos dos EUA e da França, dois dos primeiros países a adotarem os regulamentos energéticos com força de lei e compulsórios, logo em 1974, ou seja, um ano após a primeira crise do petróleo.

Palavras-chave: HIS. Eficiência Energética. Brasil

Abstract

This article analyzes the energy efficiency scenario in social housing in Brazil from the point of view of technologies. It is quite distinct and different from the energy efficiency scenario in more developed countries, especially in North America and Europe, including Australia, New Zealand and Japan. In those countries, an architectural practice that is different from the architectural practice practiced in Brazil in the area of social housing is noted, due to the existence of specific environmental comfort and energy efficiency legislation present since the beginning of the 70s. Buildings, both those of social interest and buildings for the middle class and high-end buildings, comply with these requirements, making their performance much higher than the performance of buildings built and designed in Brazil. It is true that we have energy regulations in our country, however, they are voluntary and therefore are not used nor known by the vast majority of Brazilian architects. Unlike the option taken in our country, opting for voluntary legislation that is not even known, developed countries opted from the beginning for compulsory legislation and the consequences for both thermal comfort and energy efficiency in the building sector were noticed from the first years after these regulations came into force. This fact was particularly true in the cases of the USA and France, two of the first countries to adopt legally binding and compulsory energy regulations in 1974, that is, one year after the first oil crisis.

Keywords: HIS. Energy Efficiency. Brazil

¹ Marcelo de Andrade Romero, é Livre-Docente pela USP em Ambiente & Comportamento, Doutor em Estruturas Ambientais Urbanas pela USP, Mestre em Tecnologia da Arquitetura pela USP, Mestre em Teologia pelo ISC, Pós-graduado em Filosofia pelo ICE, Bacharel em Filosofia pelo ICE e Bacharel em Arquitetura e Urbanismo pela UBC.

Considerações preliminares

O cenário da eficiência energética em habitações de interesse social no Brasil é bastante distinto e diverso do cenário da eficiência energética nos países mais desenvolvidos sobretudo da América do Norte e da Europa incluindo a Austrália, a Nova Zelândia e o Japão. Nota-se naqueles países, uma prática arquitetônica diversa da prática arquitetônica praticada no Brasil na área das habitações de interesse sócia, devido à existência de legislações específicas de conforto ambiental e eficiência energética presentes desde o início da década de 70. Os edifícios, tanto os de interesse social como os edifícios para a classe média e edifícios de alto padrão, obedecem a estes requisitos, fazendo com que o seu desempenho seja bem mais elevado que o desempenho dos edifícios construídos e projetados no Brasil. É certo que possuímos em nosso país uma regulamentação energética, porém, de caráter voluntário e por conseguinte, não é utilizada e nem tampouco conhecida pela grande maioria dos arquitetos brasileiros. Diferentemente da opção tomada em nosso país, escolhendo uma legislação voluntária que sequer é conhecida, os países desenvolvidos adotaram desde o início uma legislação compulsória e as consequências tanto para o conforto térmico como para eficiência energética no setor dos edifícios foram percebidas desde os primeiros anos após a vigência destes regulamentos. Esse fato foi particularmente verdade nos casos dos EUA e da França, dois dos primeiros países a adotarem os regulamentos energéticos com força de lei e compulsórios, logo em 1974, ou seja, um ano após a primeira crise do petróleo.

Podemos e devemos dividir a eficiência energética dos edifícios, enfocando aqui os edifícios de interesse social, em duas partes. A primeira parte trata das tecnologias solares passivas e a segunda parte trata das tecnologias ativas e proativas. Entende-se por tecnologias solares passivas aquelas tecnologias presentes na própria arquitetura, ou seja, as envoltentes opacas e transparentes dos edifícios. Envoltentes opacas s

ão as paredes, as coberturas e os elementos de piso. Entende-se por envoltentes transparentes os envidraçados presentes nas paredes e na cobertura, quer do tipo “lateral alta” ou do tipo “zenital”. O ideal é que as análises tanto de retrofit quanto qualquer outra análise de desempenho, inicie pela análise das tecnologias solares passivas e depois, em um segundo momento, realize a análise das tecnologias solares ativas e proativas. Há uma divisão muito clara e importante entre tecnologias ativas e tecnologias proativas. As tecnologias ativas são aquelas que demandam consumo de energia, ou seja, elas consomem uma energia gerada no

próprio difícil ou comprada diretamente da concessionária. As tecnologias proativas, diferentemente das ativas, geram algum tipo de energia ou na forma de calor ou na forma de eletricidade. Neste artigo analisaremos as duas tecnologias, com ênfase nas habitações de interesse social.

Considerações sobre a geração fotovoltaica no Brasil

A geração de energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico não é de forma nenhuma uma tecnologia inovadora e vem sendo utilizada há pelo menos cinco décadas na área da arquitetura sobretudo nos países desenvolvidos. O Brasil utiliza esta tecnologia no âmbito da Arquitetura e do Urbanismo há pelo menos três décadas e quando analisamos o crescimento da potência instalada da geração fotovoltaica no Brasil notamos que nas últimas duas décadas a potência instalada se multiplicou por cerca de 20 vezes e a cada ano que passa a potência instalada se multiplica por dois. Existem dois fatores que explicam esse estupendo fenômeno. O primeiro é o crescimento bastante rápido do rendimento dos painéis, gerando mais energia para cada unidade de área. O segundo é a possibilidade de geração autônoma e individual por parte do consumidor final e autorizado pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Desde abril de 2012, a ANEEL vem autorizando essas ligações e por meio da Resolução Normativa nº 482 estabeleceu as regras para que o cidadão possa injetar energia elétrica na rede pública por meio de energia fotovoltaica gerada no seu próprio edifício.

A geração elétrica fotovoltaica demanda um projeto detalhado para se estabelecer a potência de geração elétrica de pico e o cálculo do pay-back. Sendo assim, não é possível estabelecer o custo da futura instalação e o tempo de amortização do capital investido sem um projeto adequado para cada realidade, seja ela do tipo *on-grid* (sistema integrado), ou seja, ela do tipo *off-grid* (injetado na rede). Em termos médios, o pay-back dos sistemas fotovoltaicos atualmente se situa entre 4 e 6 anos, podendo variar de acordo com as condições da irradiação global do local de implantação do edifício. Para um projeto situar-se nessa faixa de pay-back, é necessário que a orientação e a inclinação dos painéis estejam absolutamente de acordo com a latitude do local. Fatores como um eventual sombreamento ou a falta de manutenção-limpeza podem reduzir a geração e elevar o período de amortização do capital.

Para o uso da geração fotovoltaica em habitações de interesse social – HIS, é interessante que um conjunto de unidades habitacionais esteja interligado em um mesmo sistema gerador. Um fator bastante interessante para essas instalações é que os painéis não necessariamente precisam se situar na cobertura das edificações, podendo se localizar nas coberturas dos estacionamentos ou mesmo em jardins e áreas próximas.

Análise de implantação de geração fotovoltaica em três estudos de caso no Brasil

A primeira análise realizada foi o levantamento dos consumos nas unidades que disponibilizaram os dados para essa pesquisa. Os dados foram organizados para as três cidades objeto desta pesquisa, a saber: Bauru no Estado de São Paulo, Feira de Santana no Estado da Bahia e Belo Horizonte no Estado de Minas Gerais. Os dados foram organizados para fornecer os seguintes indicadores:

- **Consumo total mensal** – os consumos mensais totais podem fornecer uma série de informações relevantes para pesquisas de eficiência energética sendo que uma delas são as análises sazonais. Essas análises permitem a verificação do efeito climático nos consumos dos equipamentos de climatização/refrigeração quando existentes e o efeito dos consumos nos meses de férias escolares.
- **Consumo por unidade de área e consumos *per capita*** – para esta análise foram considerados os consumos em kWh fornecidos pela concessionária e os dados da área total construída. É importante ressaltar que, nesses tipos de análises realizadas tanto no Brasil como no exterior, os dados devem sempre corresponder às áreas constituídas totais e nunca às áreas uteis, uma vez que, em pesquisas com uma grande série histórica de dados, somente estão disponíveis os dados cadastrais existentes nas Prefeituras locais e na maior parte dos casos são dados com as áreas totais e raramente com as áreas uteis. Após, alguns anos coletando dados de consumos por unidades de área em habitações de diversas tipologias e dimensões, elaboramos uma faixa de consumos presentes em grande parte dos edifícios residenciais no Brasil. A figura a seguir ilustra os valores mais frequentes. Considerando que os indicadores relacionam áreas construídas com consumos, as habitações com menores áreas tendem a ter maior valores e as habitações com maiores áreas tendem a ter maiores valores. O valor médio encontrado foi de 3,0 kWh/m². O menor valor encontrado foi de 0,7 kWh/m² e o maior valor encontrado foi

de 7 kWh/m². Especificamente em uma pesquisa realizada em habitações de interesse social na cidade de São Paulo, onde foram avaliadas 81 unidades habitacionais, encontramos valores médios de 4,2 kWh/m² para uma população média de 3,3 habitantes e um consumo médio per capita de 47 kWh/m² (ROMERO E ORNSTEIN, p.114).

As tabelas a seguir ilustram os valores encontrados nesta pesquisa:

Tabela 1: Análise de macrodados para a cidade de Bauru

BAURU – SÃO PAULO – ZB4						
Habitação	unid.hab. 1	unid.hab. 2	unid.hab. 3	unid.hab. 4	unid.hab. 6	MÉDIA
Área total unidade (m ²)	53,76	78,56	52,00	52,00	52,00	
Consumo fev/2021	4		125	104	376	
Consumo jan/2021	91		151	133	367	
Consumo dez/2020	335	275	119	112	390	
Consumo nov/2020	15	304	132	123	432	
Consumo out/2020	57	339	165	108	418	
Consumo set/2020	0	367	178	89	318	
Consumo ago/2020	1	266	150	71	308	
Consumo jul/2020	5	284	135	70	339	
Consumo jun/2020	0	294	114	68	303	
Consumo mai/2020	8	263	118	72	292	
Consumo abr/2020	4	275	115	79	292	

Consumo mar/2020	1	369	136	99	258	
Consumo fev/2020		315	83	78	420	
Consumo jan/2020		327				
Consumo dez/2019		310				
Consumo médio anual (kWh)	159,50	306,77	132,38	92,77	347,15	207,72
Consumo médio por m2	2,97	3,90	2,55	1,78	6,68	
Menor consumo do ano (kWh)	57	263	83	68	258	
Menor consumo anual por m2	1,06	3,35	1,60	1,31	4,96	
Maior consumo do ano (kWh)	335	369	178	133	432	
Maior consumo anual por m2	6,23	4,70	3,42	2,56	8,31	
Consumo médio verão (kWh)	213,00	306,75	119,50	106,75	388,25	227
Consumo médio inverno (kWh)	-	281,33	133,00	69,67	316,67	161
Consumo médio primavera (kWh)	85,00	336,67	158,33	106,67	389,33	215
Consumo médio outono (kWh)	-	302,33	123,00	83,33	280,67	159

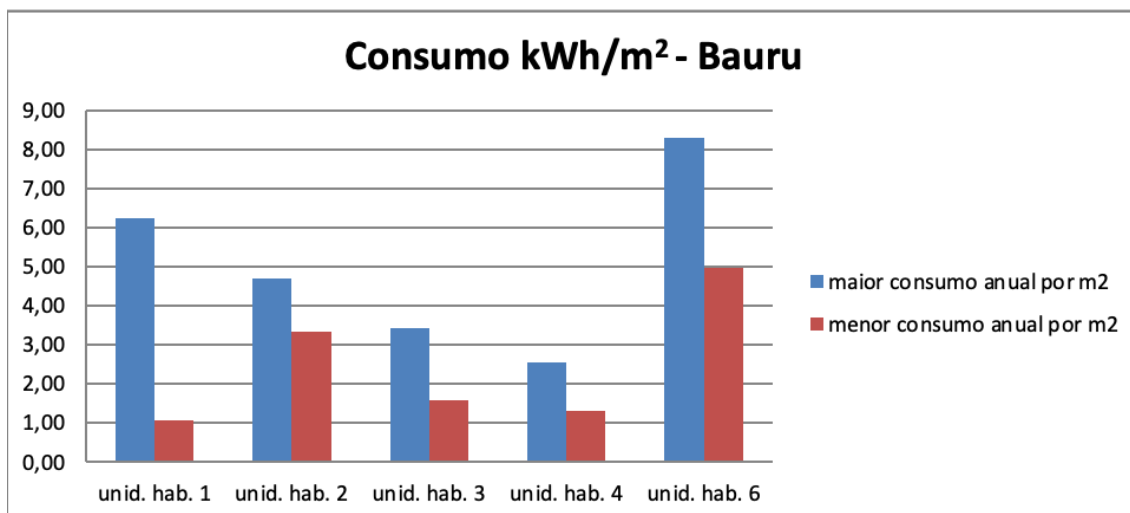


Gráfico 1: Bauru – Consumo por unidade de área para as unidades avaliadas

Nota-se no gráfico 1 que os dados médios anuais para as unidades de 1 a 4 avaliadas situam-se nos valores encontrados por Roméro em uma série de pesquisas realizadas com os seus alunos ao longo de 30 anos, ou seja, de 1 a 6 kWh/m². Em contrapartida a unidade 6 apresentou um valor bastante distinto das pesquisas anteriores, atingindo uma média limite de 8,0 kWh/m². Na realidade, não se trata de um valor irreal, mas de um valor que indica haver um comportamento de consumo bastante diferenciado como o excesso de uso do chuveiro elétrico ou o uso de climatizadores ou de aquecedores portáteis nos meses mais frios ou mais quentes. Esta simples constatação, se for realmente comprovada, pode indicar uma consequência dramática para o consumo do setor residencial brasileiro, sobretudo nas regiões não preparadas para o fornecimento dessa demanda. Essa constatação também reafirma a necessidade de se conceber edificações de HIS mais adaptadas ao clima local que não necessariamente utilizarão climatizadores em tão larga escala, quer para resfriar ou quer para aquecer os ambientes.

Tabela 2: Análise de macrodados para a cidade de Feira de Santana

Habitação	unid.hab. 1	unid.hab. 2	unid.hab. 3	unid.hab. 5	unid.hab. 6	TOTAL MÉDIO
Nome morador	Edvania	Júlia	Carla	Thaís	Joselice	
Área total unidade (m ²)	44,20	44,20	66,47	44,20	44,20	
Quantidade de moradores	4	-	3	3	4	
Consumo abr/2021		122		134		
Consumo mar/2021	84	141	30	141	125	
Consumo fev/2021	73	148	30	131	108	
Consumo jan/2021	74	209	30	127	112	
Consumo dez/2020	71	204	30	133	83	
Consumo nov/2020	83	206	30	128	102	
Consumo out/2020	68	192	30	128	77	
Consumo set/2020	63	222	30	125	80	
Consumo ago/2020	65	153	30	125	65	
Consumo jul/2020	60	123	30	139	91	
Consumo jun/2020	51	111	30	115	92	

Consumo mai/2020	71	115	30	129	121	
Consumo abr/2020	45	109	30	126	113	
Consumo mar/2020	0		30		114	
Consumo médio anual (kWh)	67,33	158,08	30,00	129,31	98,69	96,68
Consumo médio por m2	1,52	3,58	0,45	2,93	2,23	
Menor consumo do ano (kWh)	45	109	30	115	65	
Maior consumo anual por m2	1,02	2,47	0,45	2,60	1,47	
Maior consumo do ano (kWh)	84	222	30	141	125	
Menor consumo anual por m2	1,90	5,02	0,45	3,19	2,83	
Consumo médio verão (kWh)	72,67	187,00	30,00	130,33	101,00	104,20
Consumo médio inverno (kWh)	58,67	129,00	30,00	126,33	82,67	85,33
Consumo médio primavera (kWh)	71,33	206,67	30,00	127,00	86,33	104,27
Consumo médio outono (kWh)	50,00	121,75	30,00	132,50	118,25	90,50
Consumo per capita verão	18,17	-	10,00	43,44	25,25	
Consumo per capita inverno	14,67	-	10,00	42,11	20,67	

Consumo per capita primavera	17,83	-	10,00	42,33	21,58	
Consumo per capita outono	12,50	-	10,00	44,17	29,56	
Consumo per capita médio anual	16,83	-	10,00	43,10	24,67	

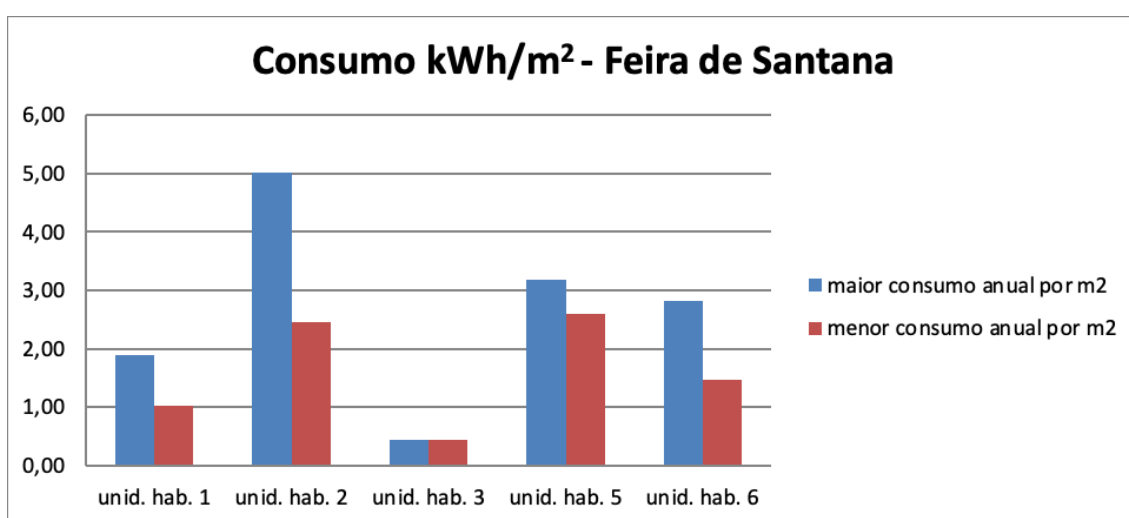


Gráfico 2: Feira de Santana – Consumo por unidade de área para as unidades avaliadas

A análise do gráfico 2 confirma os dados resultantes de pesquisas anteriores, situando os consumos das unidades avaliadas em Feira de Santana, entre 0,5 a 5 kWh/m². Isso também indica um uso bastante aceitável de eventuais climatizadores portáteis ou fixos.

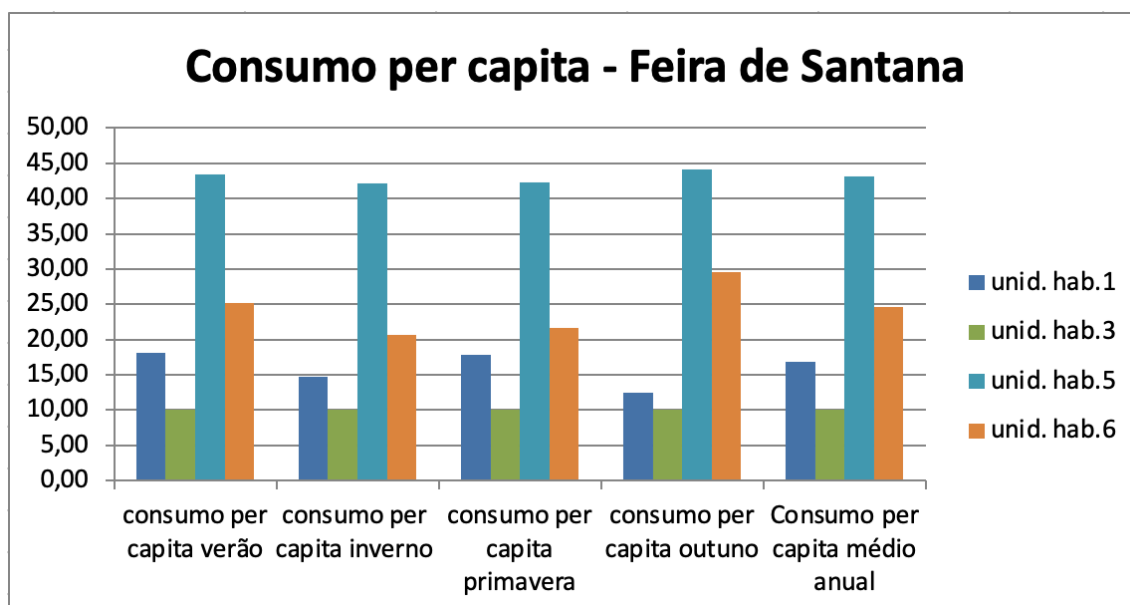


Gráfico 3: Feira de Santana - Consumo *per capita* médio para as unidades avaliadas

A análise do gráfico 3 situa os valores de consumo per capita entre 10 e 45 kWh/pessoa, variando razoavelmente entre as quatro unidades habitacionais avaliadas. Os valores da unidade 3 estão demasiadamente baixos e indicam um comportamento de consumo pouco comum neste tipo de edificação, enquanto os demais valores situam-se dentro de uma faixa mais factível de viabilidade de ocorrência.

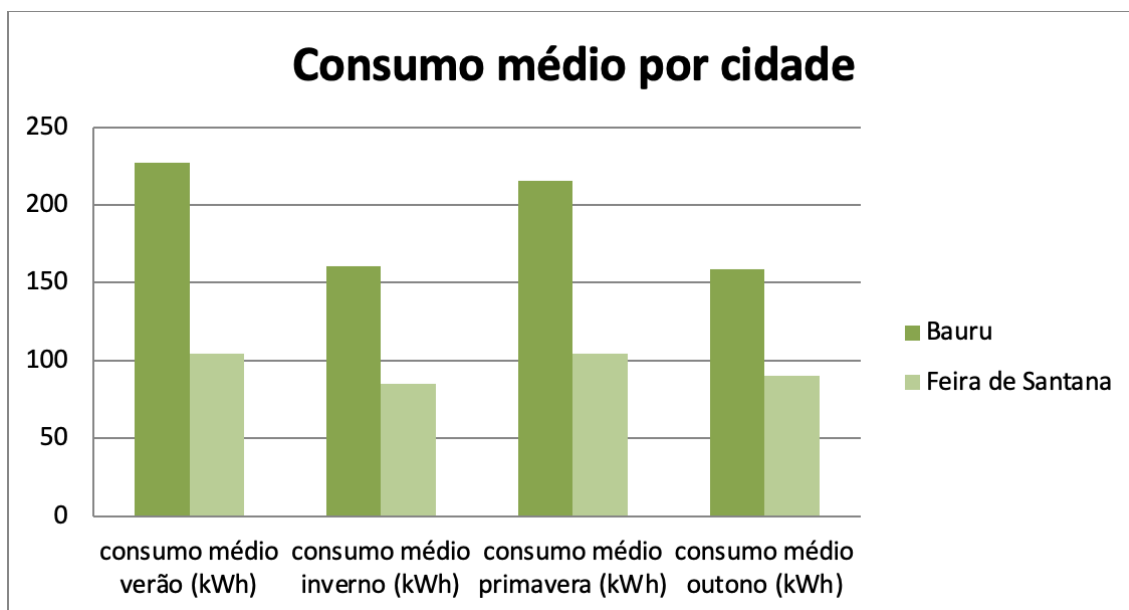


Gráfico 4: Consumo médio por cidade para as unidades avaliadas

Os valores para a cidade de Bauru estão cerca de 100% mais elevados que os valores de Bauru. Uma explicação para esse fato pode estar no uso do chuveiro elétrico na cidade de Bauru, mas que não é utilizado em Feira de Santana, apesar de existir enquanto equipamento para o aquecimento de água.

Análise de uso e posse dos equipamentos

As faturas de energia elétrica dos edifícios tanto no Brasil como no exterior não trazem os dados de consumo de energia desagregados por usos finais, ou seja, onde de fato a energia é gasta no interior dos edifícios. Para que esses dados sejam conhecidos tanto dos consumidores finais como das concessionárias de energia elétrica, é necessário realizar uma pesquisa de uso e posse dos equipamentos eletrodomésticos. Essas pesquisas, via de regra, são realizadas pelas concessionárias de energia e periodicamente em todo o território nacional. Essas pesquisas também são realizadas pela academia e por institutos de pesquisa, visando conhecer um dado comportamento de consumo específico ou para uma dada necessidade acadêmica. O conhecimento do consumo desagregado por usos finais permite também identificar aqueles equipamentos de maior participação na conta de energia elétrica e desta forma, identificar as ações iniciais que os pesquisadores devem tomar para sugerir eventuais reduções da fatura de

energia elétrica. O consumo desagregado por usos finais também aponta a estratificação da fatura detalhadamente, bem como quais são verdadeiramente os usos finais presentes em cada setor de edifícios do país. No Brasil os edifícios são classificados segundo o código da receita federal que os classifica da seguinte forma: (a) edifícios residenciais; (b) edifícios comerciais; (c) edifícios industriais; e (d) edifícios públicos. Os edifícios de serviço estão incluídos dentro do bloco dos edifícios comerciais. Essa classificação também pode ser resumida em edifícios residenciais e edifícios não residenciais e este último exemplo de classificação é muito utilizado nos países da União Europeia e EUA. Uma segunda questão extremamente importante e relevante é a demanda reprimida de equipamentos eletrodomésticos presente no Brasil. Uma pesquisa de uso e posse permite identificar essa demanda reprimida e consequentemente indica quais são os tipos de equipamentos que sofreram acréscimo de carga no setor residencial brasileiro por região.

A tabela a seguir ilustra os dados de uso e posse das unidades habitacionais objeto dessa pesquisa, bem como apresenta os dados das médias nacionais e das médias para os tipos de renda dos usuários objeto desta pesquisa. As colunas que indicam “REAL” se referem à pesquisa de uso e posse realizadas por essa equipe de pesquisa para esse trabalho e as colunas que indicam “PESQUISA DE USO E POSSE”, apontam os dados levantados pela Eletrobrás.

Tabela 3: Tabela de uso e posse das unidades avaliadas

		REAL		PESQUISA DE USO E POSSE	
	Equipamentos	Bauru (São Paulo)	Feira de Santana (Bahia)	Classe Econômica (D/E) possuem equipamentos	Brasil possuem equipamentos
Equipamento	Fogão	100%	100%	-	-
	Geladeira (refrigerador)	100%	100%	96,16%	98,14%
	Chuveiro elétrico	100%	83%	19,25%	37,52%
	Televisão	83%	100%	95,25%	97,35%

	Ventilador (ou circulador de ar)	67%	67%	77,33%	75,95%
	Ventilador de teto	17%	0%	2,33%	7,60%
	Máquina de lavar roupa ou tanquinho	67%	17%	33,82%	66,09%
	Aparelho som/rádio	17%	33%	19,92%	21,42%
	Secador de cabelo	33%	0%	8,86%	21,54%
	Micro-ondas	0%	33%	13,21%	46,89%
	Prancha de cabelo (chapinha)	0%	17%	14,39%	23,58%
	Liquidificador	0%	33%	75,98%	83,75%
	Fritadeira com óleo	0%	17%	0,79%	1,69%
	Modem para internet	0%	17%	15,88%	36,39%
Principais Equipamentos presentes nas Classes D/E	Freezer			4,85%	36,39%
	Ar condicionado			5,22%	16,69%
	Batedeira			10,55%	23,95%
	Cafeteira elétrica			4,13%	12,82%
	Sanducheira elétrica			18,41%	31,37%
	Espremedor de fruta			3,58%	11,09%
	Multiprocessador			0,62%	3,61%
	Panela elétrica			1,46%	5,61%
	Fogão elétrico			0,86%	3,65%
	Fritadeira sem óleo			0,79%	5,42%
	Aspirador de pó			1,15%	7,69%
	Panificadora			0,15%	0,68%
	DVD/Video/Blu-ray			21,37%	32,51%
	Tablet			2,24%	6,47%
	Celular			93,45%	95,25%
	Telefone sem fio			0,92%	4,14%
	Roteador sem fio (Wi-fi)			3,45%	8,99%

Impressora			0,81%	4,90%
Receptor de TV por assinatura			4,18%	14,85%
Conversor digital externo para TV aberta			20,35%	14,49%
Furadeira			2,22%	5,69%
Bomba d'água			5,79%	4,93%
Máquina de costura			3,27%	4,86%
Forno elétrico (forninho)			2,27%	9,29%
Ferro elétrico a seco			38,50%	43,74%
Ferro elétrico a vapor			6,69%	15,65%
Videogame			1,64%	4,47%
Notebook			1,80%	22,85%
Computador			1,41%	15,33%
Bebedouro/Purificador/Filtro			2,72%	7,97%

Fonte: Adaptado da Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial PPH/Brasil/2019. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/PPH-2019.aspx>

Comparando os dados de Bauru e de Feira de Santana com os dados da pesquisa de Eletrobrás para as classes D e E nota-se que os usos finais, geladeira, chuveiro elétrico e televisão estão presentes em praticamente 100% das unidades habitacionais pesquisadas. Comparando com os dados da média nacional para estes mesmos equipamentos, nota-se que os indicadores de posse são menores no país do que nas habitações avaliadas. Com exceção dos liquidificadores, as unidades avaliadas contêm percentualmente uma quantidade maior de equipamentos elétricos e aponta para uma tendência, já esperada, de elevação de posse de equipamentos elétricos nas residências brasileiras. Certamente, esta análise está condicionada às condições econômicas do Brasil, ou seja, crescimento ou recessão. Este fato foi particularmente verdade quando o país vivenciou a estabilização da moeda no início da década de 80 e a partir daí houve uma elevação significativa do consumo de energia elétrica do setor residencial no Brasil. No mesmo período verificou-se também um crescimento de coleta informal, nas principais capitais brasileiras, de embalagens de papelão e madeira referentes a eletrodomésticos.

Viabilidade do uso de tecnologias ativas nos estudos de caso

Sistemas de aquecimento solar

A análise dos dados de uso e posse dos equipamentos elétricos nos edifícios avaliados demonstrou que o chuveiro elétrico está presente em 100% das unidades habitacionais na cidade de Bauru e 83% nas unidades habitacionais de Belo Horizonte. No cenário nacional o chuveiro está presente em 98,14% das unidades habitacionais. Trata-se, portanto, da principal estratégia adotada para o aquecimento de água no lar dos brasileiros. Em muitos casos, nos quais há uma segunda opção tecnológica para o aquecimento de água, como o gás por exemplo, há também a presença do chuveiro elétrico, sobretudo nos WCs. Para o setor elétrico, a grande preocupação do chuveiro elétrico são as elevadas potências de uso e operação que estes equipamentos demandam, potências estas que variam entre 2,5 kW a 8 kW. Esses são valores bastante elevados, quando comparados com outros equipamentos do setor residencial, e para as habitações que não possuam equipamentos de climatização, o chuveiro elétrico é o uso final de maior peso. Vale ressaltar, que, para o setor residencial brasileiro, o chuveiro elétrico é via de regra, o equipamento de maior potência em uma residência típica. Em termos de consumo, não podemos afirmar que esse equipamento seja também aquele de maior peso, pois o consumo é dependente de uma outra variável não menos importante que é o tempo de uso. Para famílias mais numerosas com cinco ou mais pessoas, o tempo de uso diário do chuveiro pode atingir até uma hora no total, gerando um consumo bastante significativo na fatura de energia elétrica da família. Considerando o elevado potencial de radiação eletromagnética solar que atinge o nosso país, outras opções solares para o aquecimento de água passam a ser opções bastante viáveis do ponto de vista tecnológico. Tais sistemas são conhecidos, tanto por técnicos como pelas normas da ABNT, como SAS – Sistemas de Aquecimento Solar. (Ver figura 1)

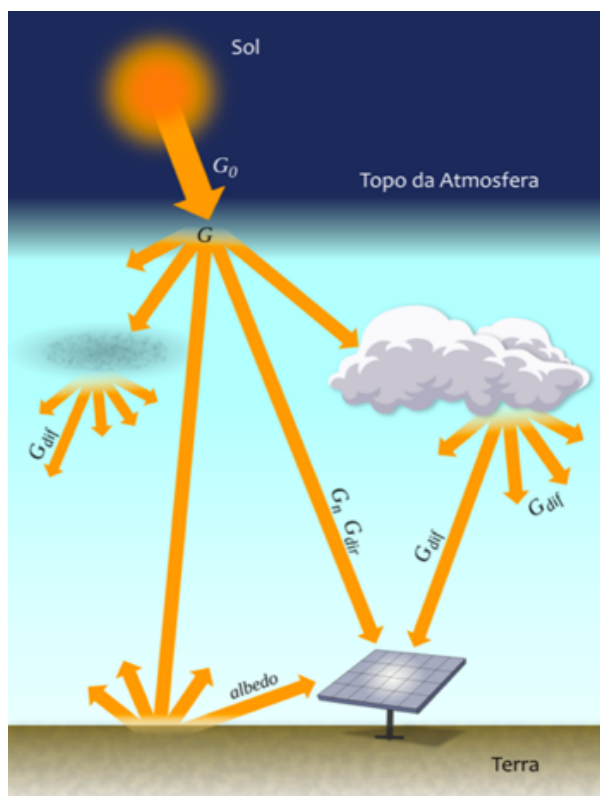


Figura 1: Componentes da irradiância solar
Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar

No momento atual, os custos com esta tecnologia são pagos com a economia de energia nas faturas elétricas, em um intervalo inferior a 24 meses, sendo que, em grande parte dos casos, o retorno do capital investido é de apenas 12 meses. Um elemento altamente benéfico é a associação dessa tecnologia com os chuveiros elétricos, sendo que estes somente seriam acionados quando as temperaturas dos SAS, não atingirem as temperaturas mínimas para o banho residencial. A figura a seguir demonstra o mapa solar brasileiro com os valores médios de irradiação global horizontal $Wm^2.dia$.

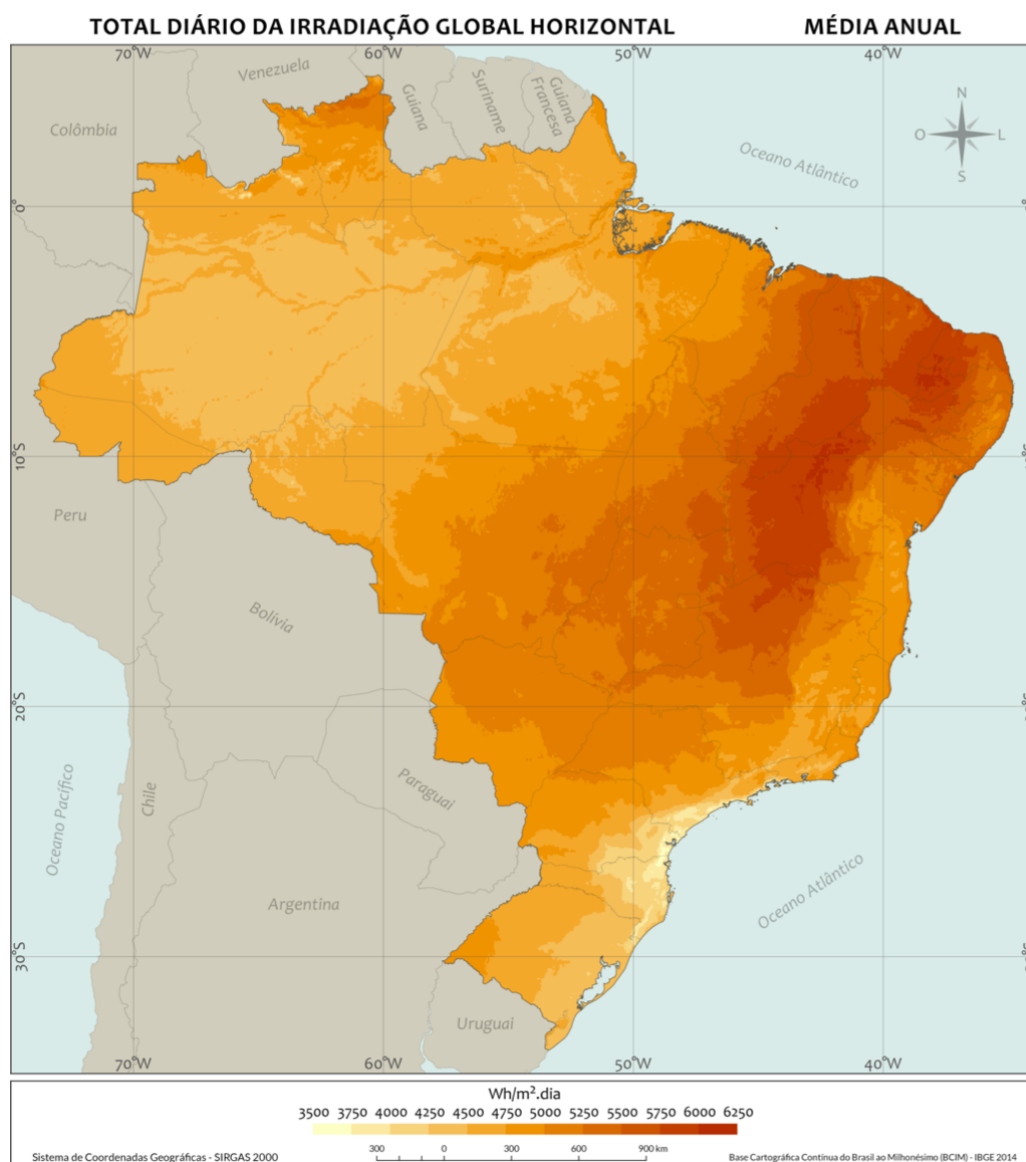


Figura 2: Total geral da irradiação global horizontal – média anual

Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar

A proposta nesta pesquisa é estudar a aplicabilidade desta tecnologia nas unidades objeto desta pesquisa, a saber:

- a) Residências isoladas em Bauru – São Paulo
- b) Residências sobrepostas em feira de Santana – Bahia

c) Edifícios de apartamentos em Belo Horizonte – Minas Gerais

Para as três condições, foram simulados os cálculos dos SAS observando as orientações solares das coberturas, preservando aquelas orientadas preferencialmente na direção do norte verdadeiro (norte solar). As figuras a seguir ilustram essas condições, para as três localidades e indicam as coberturas que poderão ser aproveitadas:

IMPLANTAÇÃO - BELO HORIZONTE

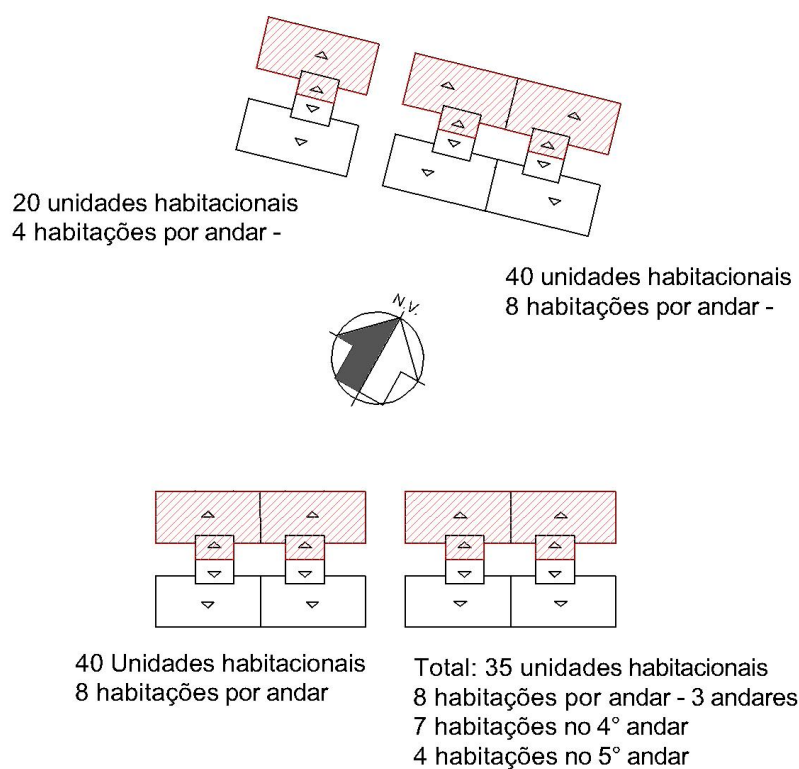


Figura 3: Implantação - Belo Horizonte

IMPLANTAÇÃO - BAURU

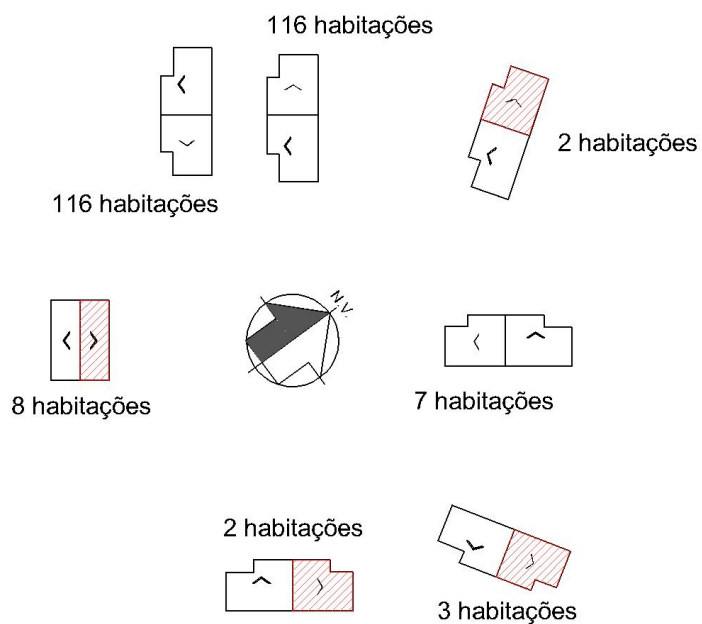


Figura 4: Implantação - Bauru

IMPLANTAÇÃO - BELO HORIZONTE

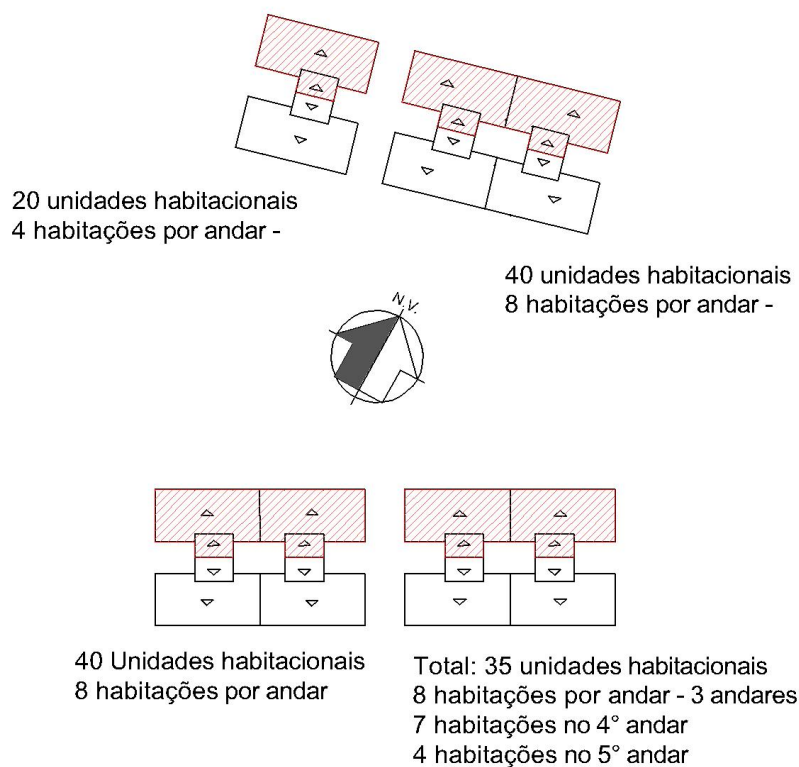


Figura 5: Implantação – Feira de Santana

A planilha a seguir ilustra os cálculos para o dimensionamento dos sistemas de aquecimento solar baseados na norma ABNT NBR 15569.

Tabela 4: Cálculo da geração do Sistema de Aquecimento Solar (SAS)

1. Armazenamento diário	caso base	ampliação (somente Bauru)	
Temperatura de armazenamento (°C)	45		
Temperatura de consumo (°C)	40		
Temperatura da água fria (°C)	20		
Quantidade pessoas habitação	3	4	5
Quantidade banhos por dia	3	4	5
consumo água banho (L)/pessoa/dia	80		
consumo água torneira (L)/pessoa/dia	10		
consumo água pia (L)/pessoa/dia	5		
total consumo água (L)/pessoa/dia	95		
fator de ocupação (%)	70		
População total	3	4	5
Volume consumo diário (L)	285	380	475
Volume armazenamento total (L)	228	304	380
2. Cálculo Energia Necessária			
constante	0.001163		
Energia útil (kWh/dia)	6.6291	8.8388	11.0485
3. Cálculo Área Coletora			
IG (irradiação global) (kWh/m ²). dia - Bauru	4.6	4.6	4.6
IG (irradiação global) (kWh/m ²). dia - Feira de Santana	4.8		
IG (irradiação global) (kWh/m ²). dia - Belo Horizonte	4.8		
Constante	4.901	4.901	4.901
Constante	3.1247	3.1247	3.1247
Área coletora (m²) - Bauru	2.60	3.47	4.33

Área coletora (m ²) - Feira de Santana	2.49		
Área coletora (m ²) - Belo Horizonte	2.49		

Os cálculos consideraram os valores normativos a saber:

- Quantidade de pessoas por residência: 1 por dormitório, adicionado uma pessoa;
- Total de 95 litros per capita/dia, considerando 80 litros para banho, 10 litros para higiene e 5 litros para cocção;
- Fator de ocupação médio para unidades multifamiliares;
- Temperatura da água para consumo: 40 C;
- Temperatura da água armazenada: 45 C;
- Temperatura da água fria: 20C.

Sistema de geração fotovoltaica

O uso de geração fotovoltaica em edificações de interesse social já se iniciou no Brasil e algumas iniciativas já foram implantadas como foi o caso da CEHAB - Companhia Estadual de Habitação Popular da Paraíba. que desenvolveu um projeto piloto, construindo oito casas. Nessas casas foram implantados sistemas de aquecimento solar por meio de geração fotovoltaica interligada à rede urbana. Esse sistema é conhecido como “on-grid” e viabiliza a venda da energia excedente à concessionária local além de economizar o investimento com as baterias para a cumulação de energia que passam a ser desnecessárias neste sistema. Nesse projeto foram implantadas três placas de 200Wp cada uma, atingindo uma potência total instalada de 600Wp e um microinversor de frequência de 600W. A geração mensal resultante do sistema, considerando a Irradiação Global da Paraíba, é de 70 KWh por unidade habitacional. Esse montante não é um valor desprezível e pode sustentar ou o aquecimento de água ou outros usos finais presentes nessas habitações como a iluminação artificial e as tomadas de uso geral -TUGs (MAIA; LIMA e GOMES, 2019, p. 872). Uma outra iniciativa bastante promissora foi realizada pela Secretaria da Habitação de São Paulo que editou a Resolução SH nº 08, de 16/03/2015 que visa à elaboração de estudos e diretrizes para o aprimoramento e melhoria da política de qualidade e sustentabilidade dos empreendimentos habitacionais,

públicos e privados, no que diz respeito à eficiência energética e ao uso racional da água, com vistas à sustentabilidade da construção habitacional no Estado de São Paulo. Essa iniciativa faz parte do compromisso do governo do Estado de São Paulo em reduzir as emissões de gases de efeito estufa por meio da geração de eletricidade utilizando fontes renováveis de energia como a energia solar fotovoltaica. Se aplicada em larga escala, essa iniciativa diversificará a matriz energética do Estado e ampliará a participação de fontes renováveis no portfólio de geração de energia elétrica do Estado de São Paulo, conforme o Plano Paulista de Energia (PPE) e na Política Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC). Um segundo aspecto que pode acelerar o uso dessa política nas habitações de interesse social no Estado é a existência de um convênio firmado com o Conselho Nacional de Política Fazendária (Confaz), que autoriza os governos estaduais a isentarem o ICMS sobre a energia injetada na rede e compensada na microgeração e minigeração distribuída. A iniciativa gerou a implantação desse sistema em quatro conjuntos habitacionais no Estado entre 2015 e 2017 e outras iniciativas serão implantadas (CDHU, 2018).

No estudo de caso em questão, estimamos a geração fotovoltaica nas três cidades objeto desta pesquisa: Bauru, Belo Horizonte e Feira de Santana. Vale ressaltar aqui um aspecto bastante importante nesta pesquisa que foi a indisponibilidade de dados de potências e de regime de uso dos equipamentos residenciais destas cidades. Desta forma, a equipe de pesquisa assumiu os principais equipamentos e as suas potências, presentes em habitações de interesse social. As tabelas a seguir apresentam os resultados destas simulações.

Tabela 5: Geração solar fotovoltaica - Bauru

ESTUDO DE CASO - BAURU						
PREVISÃO DE CARGAS ELÉTRICAS						
Equipamento	Potência (W)	Quantidade	Potência Total	Horas dia (h)	Quantidade de dias	Consumo mensal (kWh)
1 UNIDADE HABITACIONAL						
ILUMINAÇÃO	20	6	120	8	30	28,8
VENTILADORES	80	1	80	8	26	16,64
GELADEIRA	200	1	200	8	30	48
FORNO DE MICROONDAS	1500	1	1.500	1	26	39
TELEVISOR	120	1	120	6	30	21,6
CHUVEIRO ELÉTRICO	4500	1	4.500	0,5	30	67,5
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	1500	1	1.500	2	12	36
CARGA DA UNIDADE HABITACIONAL (W)			8.020			
CARGA TOTAL (W)			8.020			
Consumo mensal total (kWh)						258
CÁLCULO DA QUANTIDADE DE MÓDULOS						
Especificações técnicas						
Irradiação solar média	4,6		kWh/dia			
Área do módulo	1,9		m2	(1,96 x 0,992)		
Rendimento	0,1697		16,97%			
Cálculo da geração de energia diária e mensal de cada módulo						
C = Irradiação x Área do painel x Eficiência do painel						
Geração diária	1,483178		kWh/dia			
Geração mensal	44,5		kWh/mes			
Cálculo da quantidade de módulos						
CONSUMO MENSAL DA UNIDADE HABITACIONAL		257,5	kWh/mes			
Quantidade de módulos		6	módulos			
Fator de Performance	25%	7	módulos	Área ocupada	14	m2
Consumo mensal total:					258	kWh
Geração total + perdas (25%)					322	kWh

Tabela 6: Geração solar fotovoltaica – Feira de Santana

ESTUDO DE CASO - FEIRA DE SANTANA						
PREVISÃO DE CARGAS ELÉTRICAS						
Equipamento	Potencia (W)	Quantidade	Potência Total	Horas dia (h)	Quantidad e de dias	Consumo mensal (kWh)
1 UNIDADE HABITACIONAL						
ILUMINAÇÃO	20	6	120	8	30	28,8
VENTILADORES	80	1	80	8	26	16,64
GELADEIRA	200	1	200	10	30	60
FORNO DE MICROONDAS	1500	1	1.500	1	26	39
TELEVISOR	120	1	120	6	30	21,6
CHUVEIRO ELÉTRICO	4500	1	4.500	0,25	30	33,75
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	1500	1	1.500	2	12	36
CARGA DA UNIDADE HABITACIONAL (W)			8.020			
CARGA TOTAL (W)		8.020				
Consumo mensal total (kWh)						236
CÁLCULO DA QUANTIDADE DE MÓDULOS						
Especificações técnicas						
Irradiação solar média	4,8		kWh/dia			
Área do módulo	1,9		m2	(1,96 x 0,992)		
Rendimento	0,1697		16,97%			
Cálculo da geração de energia diária e mensal de cada módulo						
C = Irradiação x Área do painel x Eficiencia do painel						
Geração diária	1,547664		kWh/dia			
Geração mensal	46,4		kWh/mes			
Cálculo da quantidade de módulos						
CONSUMO MENSAL DA UNIDADE HABITACIONAL		235,8	kWh/mes			
Quantidade de módulos		5	módulos			
Fator de Performance	25%	6	módulos	Área ocupada	12	m2
Consumo mensal total:					236	kWh
Geração total + perdas (25%)					295	kWh

Tabela 7: Geração solar fotovoltaica – Belo Horizonte

ESTUDO DE CASO - BELO HORIZONTE						
PREVISÃO DE CARGAS ELÉTRICAS						
Equipamento	Potencia (W)	Quantidade	Potência Total	Horas dia (h)	Quantidade de dias	Consumo mensal (kWh)
1 UNIDADE HABITACIONAL						
ILUMINAÇÃO	20	6	120	8	30	28,8
VENTILADORES	80	1	80	8	26	16,64
GELADEIRA	200	1	200	8	30	48
FORNO DE MICROONDAS	1500	1	1.500	1	26	39
TELEVISOR	120	1	120	6	30	21,6
CHUVEIRO ELÉTRICO	4500	1	4.500	0,5	30	67,5
MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	1500	1	1.500	2	12	36
CARGA DA UNIDADE HABITACIONAL (W)			8.020			
CARGA TOTAL (W)			8.020			
Consumo mensal total (kWh)						258
CÁLCULO DA QUANTIDADE DE MÓDULOS						
Especificações técnicas						
Irradiação solar média	4,8		kWh/dia			
Área do módulo	1,9		m2	(1,96 x 0,992)		
Rendimento	0,1697		16,97%			
Cálculo da geração de energia diária e mensal de cada módulo						
C = Irradiação x Área do painel x Eficiência do painel						
Geração diária	1,547664		kWh/dia			
Geração mensal	46,4		kWh/mes			
Cálculo da quantidade de módulos						
CONSUMO MENSAL DA UNIDADE HABITACIONAL		257,5	kWh/mes			
Quantidade de módulos		6	módulos			
Fator de Performance	25%	7	módulos	Área ocupada	13	m2
Consumo mensal total:					258	kWh
Geração total + perdas (25%)					322	kWh

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nota-se que para os três estudos de caso, a quantidade dos painéis fotovoltaicos variou entre seis e sete painéis por unidade habitacional e variando entre 12 e 14 m² de área necessária na cobertura. Trata-se de uma simulação estimada com valores médios de potência e regime de utilização, visando fornecer uma visão geral da aplicação desta tecnologia em habitações de interesse social. Tanto as quantidades de painéis como as áreas necessárias, são indicadores perfeitamente factíveis nos projetos de HIS.

Com relação à implantação dos sistemas de aquecimento solar nas três cidades estudadas, verificou-se a possibilidade real de aplicação, respeitando as orientações reais dos edifícios. Alguns edifícios estão com orientações muito próximas do norte solar e outros, com

orientações relativamente próximas. Considerando uma situação de retrofit, percebe-se uma viabilidade bastante factível. Se considerarmos a aplicação do SAS em novas edificações, onde o projeto será concebido com esse sistema, o desempenho pode ser ainda mais elevado. O mesmo raciocínio é válido para os sistemas fotovoltaicos.

REFERÊNCIAS

CDHU – Projeto de implantação de sistemas fotovoltaicos. São Paulo. Governo do Estado de São Paulo, 2018. Disponível em: <http://abc.habitacao.org.br/wp-content/uploads/2017/07/B-Proj-Urb-Arq-Conj-Hab-Energia-Fotovolt-HIS-CDHU-SP.pdf>. (Acesso em: 13 mai. 2021).

MAIA, Doralice; LIMA, Yuri e GOMES, Luciana de Carvalho. “Energia solar em habitações populares: uma experiência na política habitacional brasileira”, 2019 In: V Simpósio Internacional de la Historia de la Electrificación - *La electricidad y la transformación de la vida urbana y social*, Evora, 6-11 de mayo de 2019, p 861-879.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; ORNSTEIN, Sheila Walbe. Avaliação Pós-Ocupação: Métodos e Técnicas Aplicados à habitação Social. Porto Alegre, HABITARE, 2003.