



GERAÇÃO DE ENERGIA EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: ESTRATÉGIAS PARA O BALANÇO ENERGÉTICO NULO NO CONTEXTO CLIMÁTICO DE BRASÍLIA

Larissa Sudbrack (1); Cláudia Amorim (2); Caio Silva (3)

(1) Arquiteta, Mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília - UnB, larissa.sudbrack@gmail.com, LACAM – FAU - Campus Darcy Ribeiro, ICC Norte, +55 61 99988-8825

(2) Doutora, arquiteta, professora do PPG FAU UNB, clamorim@unb.br, Universidade de Brasília

(3) Doutor, arquiteto, professor do PPG FAU UNB, caiosilva@unb.br, Universidade de Brasília

RESUMO

Após a primeira crise do petróleo em 1973, a preocupação global com o alto consumo dos combustíveis fósseis marca o início de uma série de regulamentos que visam a redução do consumo da energia em edifícios. Recentemente, a produção de eletricidade em edifícios já é uma realidade. Neste contexto, este trabalho apresenta diretrizes de projeto para habitação de interesse social tornar-se um edifício autossuficiente do ponto de vista energético, mostrando o potencial e as limitações. O objetivo principal é apresentar estratégias de projeto para que habitações de interesse social no contexto climático de Brasília tenham consumo energético reduzido, e que produzam sua própria energia elétrica, contribuindo para a disseminação de tipologias com balanço energético nulo - NZEB. Como objetivo específico pretende-se mostrar a importância de viabilizar a redução no consumo de energia no setor residencial e assim estimular a geração de energia local. Assim, utilizou-se o estudo de caso do Projeto Habita-Brasília, na região administrativa de Samambaia, no Distrito Federal. Como método: estimou-se o consumo de energia através da identificação dos hábitos da família e dos equipamentos que possuem, o potencial de geração de energia renovável local através de geração fotovoltaica, e o desempenho térmico atual da casa foi avaliado de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013). Com esses dados, é possível planejar a redução de consumo de energia e melhorar o seu desempenho. Por fim, o trabalho define estratégias de redução de consumo, mostrando que em Brasília é possível implantar habitações NZEBs e encorajando estudos técnicos que viabilizem a adequação dos projetos com diretrizes bioclimáticas para outros contextos climáticos do país.

Palavras-chave: casa com balanço energético nulo, habitação social, geração fotovoltaica.

ABSTRACT

After the first oil crisis in 1973, the global concern about the high fossil fuels consumption begins a series of regulations that aim energy consumption reduction in buildings. Recently, the electricity production in buildings is already a reality. Due to these realities, this paper points out design guidelines for social housing of zero energy balance in Brasilia, and shows the potential and limitations of buildings that can produce more energy than they consume, based on bioclimatic concepts for environmental comfort and energy efficiency in Brasilia. The main objective of this work is to show the importance of reducing energy consumption in the residential sector for the generation of local energy to be feasible. Therefore, a case study was done, using the project for social housing in Samambaia, Brasilia, under the “Habita Brasilia” program. In the case study the energy consumption was estimated by identifying the family habits of use and what equipment they owned, the renewable energy potential through fotovoltaic generation was estimated, and the house’s current thermal performance was evaluated according to the NBR 15575 (2013). With this data, it is possible to plan the energy consumption reduction, improve the thermal performance of the project, and then set strategies for the house to produce as much energy as it consumes. This study shows that it is possible to enable social housing of zero energy balance in Brasilia, and may encourage further studies on the suitability of the design guidelines for the other bioclimatic zones of the country.

Keywords: Zero energy house; Social housing; Photovoltaic generation.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil as edificações representam cerca de 50% da energia elétrica consumida (INMETRO, 2016). A energia consumida é representada não só pela operação e manutenção das edificações, como também pelos sistemas artificiais, que proporcionam conforto ambiental para seus usuários, como iluminação, climatização e aquecimento de água. O potencial de economia deste setor é expressivo, e segundo Lamberts (1997), o arquiteto pode racionalizar o uso da energia em um edifício, se reduzir o consumo em iluminação, condicionamento do ar e aquecimento de água.

Em função da escassez dos recursos naturais, dos aumentos tarifários e das políticas reguladoras de consumo energético, atualmente temos exemplos de edifícios conhecidos como “*zero-energy building* (ZEB)”. O termo ZEB – *Zero Energy Building*, refere-se a um edifício com demanda energética altamente reduzida por meio de sistemas eficientes que fazem com que o balanço de energia necessária para seu funcionamento possa ser suprido por tecnologias renováveis (TORCELLINI, 2006). Para alcançar tal resultado, são incorporados ao projeto dos edifícios conceitos de tecnologias passivas, ativas e proativas (ROMÉRO e REIS, 2012). Tais projetos são complexos, envolvendo metodologia específica, maior nível de detalhamento e planejamento, além de equipes multidisciplinares e especialistas. Em relação à produção de energia elétrica por meio dos painéis fotovoltaicos, de acordo com Domingos (2014), a cidade de Brasília tem características climáticas como temperatura, umidade relativa e a irradiância solar global, que a torna uma das mais adequadas para a implantação de edifícios NZEBs (*Net Zero Energy Building*).

Para Voss e Musall (2013), a questão mais importante acerca das casas NZEB é a redução do consumo. A maioria das casas NZEB atualmente localizam-se em países de clima temperado onde a maior parte da energia consumida diz respeito aos sistemas de aquecimento, mas o ponto de destaque em cada estudo é a meta da redução de consumo de energia, não apenas a produção. Estratégias de projeto como ventilação natural, iluminação natural, sombreamento de aberturas no verão, e aproveitamento do calor do sol no inverno estão presentes em quase todos os casos. Os equipamentos de suprimento energético são em sua maior parte coletores solares térmicos para aquecimento da água, sistemas fotovoltaicos e aquecimento geotérmico.

No que diz respeito à influência do projeto no consumo de uma casa, de todos os usos finais residenciais podemos relacionar diretamente apenas dois: iluminação e condicionamento de ar. O aquecimento da água pode ser reduzido também, por meio de sistemas de aquecimento solar por exemplo. A iluminação natural é de difícil consideração, pois mesmo que a luz do dia possa ser aproveitada, o sistema de iluminação artificial é bastante utilizado à noite, e seu consumo dificilmente chegaria a zero. Portanto, a influência do desempenho térmico do projeto de uma casa em seu consumo tem relação direta com os sistemas de condicionamento de ar.

O consumo energético residencial em Brasília representou 37% do consumo total da cidade nos últimos 3 anos, de 2013 a 2015 (CEB, 2016), e pode ser visto na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Uma redução no consumo em todos os setores pode ser notada. Devido à crise hídrica no Brasil nos últimos anos, o aumento das tarifas de energia elétrica foi de aproximadamente 25% em 2015. Como reflexo deste aumento nas taxas, a redução do consumo de energia elétrica se deu em praticamente todos os setores. O consumo médio mensal em Brasília no setor residencial é de 79kWh por pessoa (CEB, 2016).

Neste contexto, é preciso atualizar a legislação e incentivar a existência de edifícios NZEB no Brasil. No que diz respeito à habitação, os últimos relatórios do Distrito Federal mostram que há um déficit habitacional estimado em 120 mil famílias, sendo previstos aproximadamente 20 mil casas (e 70 mil novos habitantes) a cada ano na cidade. Infelizmente, nem sempre as pessoas conseguem contratar arquitetos, o que resulta em um enorme número de casas sem preocupação em relação aos custos de manutenção e consumo energético ao longo de sua vida útil.

Garantir o direito à moradia é um dos maiores desafios na gestão de uma cidade. É nessa perspectiva que o Governo de Brasília recentemente apresentou o novo programa habitacional do Distrito Federal, o Habita Brasília (CODHAB, 2016). Parte deste programa consiste no Projeto na Medida, baseado na Lei de Assistência Técnica (Lei 11.888) que garante todo cidadão possa receber um projeto de arquitetura e engenharia de qualidade, que garantam uma residência segura e confortável. A prática de assistir tecnicamente à população com menor renda já é consagrada no direito, com a defensoria pública; na assistência social, na

saúde, na educação e na segurança pública e agora, com a aprovação desse projeto, a moradia faz parte do grupo de possibilidades para acesso do povo mais pobre (ARRUDA, 2016).

2. OBJETIVO

O objetivo central deste trabalho é apresentar estratégias de projeto e de eficiência energética para que habitações de interesse social no contexto climático de Brasília tenham consumo energético reduzido, e, conseqüentemente, viabilizem a produção de energia.

3. MÉTODO

Será utilizado como estudo de caso um dos projetos do programa Habita Brasília – Na Medida para habitação de interesse social. O estudo de caso foi realizado para Brasília, podendo ser testado posteriormente em diferentes localidades para verificar quais adaptações seriam necessárias para que o balanço energético seja nulo em cada Zona Bioclimática, direcionando a pesquisa para um desenvolvimento futuro.

As estratégias de projeto para uma casa de balanço energético nulo em Brasília são abordadas neste trabalho na forma de revisão teórica sobre o clima local e seus condicionantes para projetos NZEB; revisão teórica sobre as estratégias mais indicadas para produção de energia em Brasília, de acordo com seu clima. Como balanço energético nulo entende-se que a geração de energia elétrica local é maior ou igual a energia elétrica consumida pela casa no período de um ano.

Portanto, um estudo de caso foi feito utilizando o projeto de uma residência de interesse social na Região Administrativa de Samambaia, localizada a sudeste da região de Brasília. O estudo de caso destaca o consumo final de energia elétrica previsto na residência em questão, aliado aos seus índices de conforto térmico. Tendo este resultado, é possível planejar como reduzir o consumo energético e melhorar o conforto térmico de seus habitantes. Outro importante ponto deste trabalho será traçar a relação entre o custo e o potencial de geração de energia elétrica de uma habitação de interesse social de balanço energético nulo através do cálculo de *payback* simples. Como resultado, o artigo apresenta possíveis estratégias projetuais e de eficiência energética para que a casa produza tanta energia quanto consuma.

3.1. O clima de Brasília – Distrito Federal -DF

O Distrito Federal está localizado a uma latitude de aproximadamente 16° sul (entre os paralelos 15°30' e 16°03'), a 1000 metros acima do nível do mar, tem uma temperatura média de aproximadamente 21,1°C, e está nos limites da região tropical (FERREIRA, 1965). O clima de Brasília pode ser classificado como tropical de altitude e se distingue por duas estações bem definidas. O período quente e úmido – verão chuvoso, de outubro a abril, tem temperaturas médias de 22°C; e o período frio e seco – inverno seco, que vai de maio a setembro, com temperaturas mais baixas entre maio e agosto, com médias de 19°C (Figura 1).

A sensação de desconforto é comum devido às altas temperaturas durante o dia e baixas temperaturas à noite. Devido à sua localização, no centro do país, e à sua altitude, estas amplitudes diárias de temperatura são consideráveis tanto no período chuvoso (média de 10°C) quanto no período seco (média de 14°C).

Em relação à duração da luz solar, os valores variam entre 2600 horas anuais, sendo a média no verão de 160 horas mensais e no inverno de 290 horas mensais. A umidade relativa do ar média anual é de 67%. De abril a Setembro estes valores sofrem um decréscimo considerável, chegando a níveis abaixo de 25%. O mês mais seco é agosto, com 56% de umidade relativa do ar média. O valor mínimo absoluto já registrado foi de 8% no mês de setembro (Figura 2).

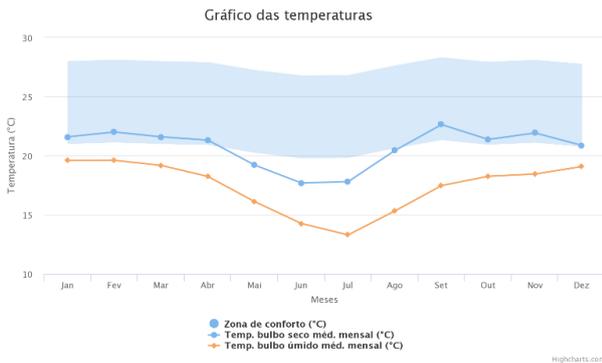


Figura 1 – Gráficos das temperaturas

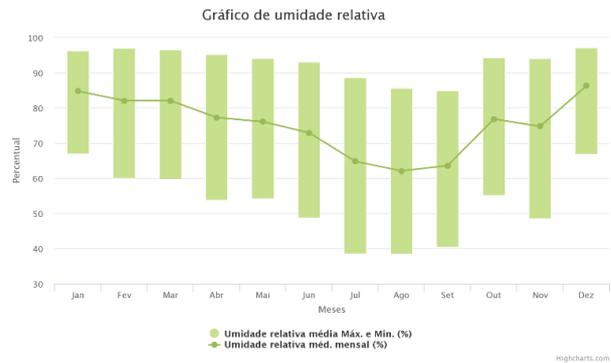


Figura 2 – Gráfico das umidades relativas

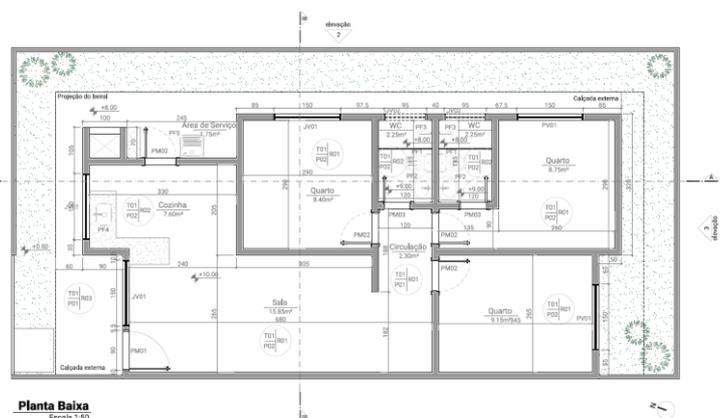
Os ventos moderados e constantes vêm de Leste (média de frequência anual), mas ventos leste e sudeste são mais comuns no inverno, e ventos noroeste mais comuns no verão. A carta climática de Fanger mostra que Brasília está na maior parte do tempo dentro da zona de conforto térmico.

3.2. Estudo de caso - consumo energético de habitação de interesse social em Brasília

3.2.1. Descrição do projeto da residência

A residência escolhida como Estudo de Caso para este trabalho é um dos projetos de habitação de interesse social entregues pela Codhab a uma família de Samambaia pelo projeto na medida. O autor do projeto é o arquiteto Paulo Cavalcante.

Figura 3: Perspectiva tridimensional ilustrativa e planta baixa da residência.



Fonte: Cavalcante, 2016.

Trata-se de uma casa térrea, com área construída de aproximadamente 68m². A casa é geminada com a casa vizinha do lado direito do terreno, este com dimensões de 7,5x15m, totalizando 112,5m² de área. Nas demais divisas do lote, o afastamento mínimo obrigatório é de 1,5m. a casa abriga sala e cozinha integradas, área de serviço na área externa, três quartos e dois banheiros, sendo um dos quartos uma suíte. O acesso principal da casa se dá por uma varanda de 1,5x3m, e nas outras duas fachadas a projeção do beiral é de 50cm. Há um recorte na geometria da casa que gera áreas sombreadas maiores que os beirais. Na área externa há uma calçada, espaço para jardim e uma churrasqueira junto à área de serviço.

Tabela 1: Características da construção

Pé-direito	2,40m
Paredes internas	Tijolo de 8 furos, argamassa e pintura. Espessura de 14cm
Cobertura	Telha cerâmica (de barro), com inclinação de 30% e estrutura em madeira

Forro	Laje em concreto internamente apenas nos banheiros, e forro de madeira nos demais ambientes
Estrutura	Concreto armado
Aberturas	Sala, quarto, cozinha) são janelas em vidro temperado com 2 folhas de correr cada, dimensões: 120x100cm. Nos outros 2 quartos são portas de correr de vidro temperado dimensões 120x210cm. Os banheiros têm esquadrias de 90x60cm, abertura maxim-ar.

3.2.2. Avaliação do desempenho térmico da residência

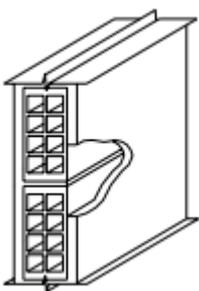
Para avaliar o desempenho térmico atual da casa projetada, foi utilizada como base a Norma NBR 15575 – Desempenho de Edificações Habitacionais (ABNT, 2013), que em seu capítulo 11 trata especificamente do Desempenho Térmico. É importante esclarecer que a norma não trata de condicionamento artificial, seja ele refrigeração ou calefação, portanto todos os critérios estabelecidos são baseados em condições naturais de insolação, ventilação, dentre outras.

A avaliação do desempenho térmico do estudo de caso será feita pelo procedimento simplificado da norma, que é uma verificação de atendimento aos requisitos e critérios para o envelopamento (paredes externas) da edificação, baseado em valores de transmitância térmica (U), e capacidade térmica (CT) das paredes de fachadas externas e das coberturas.

3.2.3. Avaliação das Paredes Externas

As paredes da residência são compostas pelos materiais abaixo. A pintura externa é de cor branca, com valor de α equivalente a 0,2.

Tabela 2: Transmitância e capacidade térmica para o tipo de parede do estudo de caso

Parede	Descrição	U (W/m ² .K)	CT (kJ/m ² .K)
	Parede de tijolos 8 furos quadrados, assentados na menor dimensão. Dimensão tijolo: 9,0x19,0x19,0cm; espessura argamassa de assentamento: 1,0cm; espessura argamassa de emboço: 2,5cm; espessura total da parede: 14cm.	2,49	158

Fonte: Tabela D.3, página 20, Anexo D da norma NBR 15220 – Parte 3, ABNT, 2003.

Com estes dados em mãos, é possível passar para a avaliação normativa, verificando o cumprimento dos pré-requisitos para a Zona Bioclimática 4 (Brasília). A transmitância térmica (U), para as superfícies externas com valor de transmitância menores que 0,6 deve ser menor ou igual a 3,7W/m².K. A capacidade térmica para a cidade de Brasília deve ser maior ou igual a 130 KJ/m².K.

3.2.4. Avaliação da Cobertura

A cobertura da residência é de telhas de barro, com inclinação de 30°. O forro é de madeira, a uma altura de 2,40m do piso. Há laje em concreto apenas sobre os banheiros, para fins estruturais de apoio da caixa d'água, mas que não será considerada para esta avaliação por não se tratar de ambientes de longa permanência. A cor da telha de barro possui valor α variando entre 0,75 e 0,80.

De acordo com a NBR 15220 – parte 3 (ABNT, 2003), para esta composição de cobertura o valor de transmitância (U) é de 2,00 W/m².K e a Capacidade Térmica (CT) é de 32 KJ/m².K.

Levando em conta que de acordo com os parâmetros estabelecidos pela norma, para um valor de α maior que 0,6, como é o caso, a transmitância térmica (U) deveria ser menor ou igual a 1,5 – e no caso da

cobertura especificada o valor da transmitância térmica é de 2, não é possível encaixar os valores na tabela dos níveis de desempenho.

3.2.5. Estimativa de consumo de energia elétrica da residência

A residência em questão foi projetada para uma família de 6 pessoas: um casal (40 e 50 anos), três filhos (19, 16 e 5 anos) e um neto (3 anos). Para estimar o consumo de energia elétrica mensal e poder realizar uma projeção anual afim de calcular quanta energia deverá ser gerada, foi necessário compreender alguns hábitos da família em relação ao seu tempo de permanência em casa, e as atividades realizadas. Para os equipamentos, foi feito um levantamento com a família, e as potências foram estimadas de acordo com o indicado pela ANEEL (2016).

O consumo mensal de energia elétrica foi estimado somando-se o consumo individual de cada aparelho elétrico e eletrodoméstico que a família utiliza. O consumo individual de cada aparelho, por sua vez, foi obtido através da equação: $C=P \times t$, onde: C é o consumo mensal do aparelho (kWh); P é a potência do aparelho (kW); t é o tempo de utilização mensal do aparelho (h). O consumo de energia elétrica dos aparelhos em *standby* não foi considerado para este cálculo. No caso desta residência, com 6 moradores, a média de consumo seria de 402kWh.

Tabela 3 – Estimativa de consumo energético atual da residência

Equipamento	Pot. (kW)	Tempo (h/dia)	Consumo mensal (kWh)
Chuveiro elétrico	3,5	2	210
Geladeira + Freezer	0,2	24	150
Televisor 32"	0,16	14	67,2
Lavadora de roupas	0,8	1,5	24
Lâmpadas	0,15	10	45
Total			496,2

Fonte: ANEEL, 2016.

4. ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO E GERAÇÃO DE ENERGIA

4.1. Estratégias passivas – a casa e seus materiais

A importância do atendimento dos requisitos de desempenho térmico da NBR 15575 (ABNT, 2013) se dá pelo fato de que se a casa for bem projetada e construída para sua determinada Zona Bioclimática, provavelmente terá o seu desempenho térmico favorável, reduzindo, conseqüentemente, o consumo de energia com uso de estratégias consumidoras de energia. Assim, a principal estratégia de redução de consumo pode ser identificada ainda na fase de projeto da casa.

A cobertura proposta em projeto não atende aos valores exigidos. Assim, para que a residência atenda os índices propostos pela NBR 15575 (ABNT, 2013) na parte de Desempenho Térmico, para a região de Brasília, a casa deveria seguir algumas estratégias. De acordo com a NBR 15220 parte 3 (ABNT, 2003), existem três estratégias para alteração do tipo de telhado para que a norma seja atendida em seus níveis mínimo, intermediário e superior.

- Pintar as telhas de barro de branco, levando o valor de α para 0,2, e manter o valor de $U=2,00$.
- Adicionar uma camada de 2,5cm de lã de rocha sobre o forro de madeira de toda a casa, mantendo as telhas de barro, levando o valor de U para 0,95, mas com α variando entre 0,75 e 0,80.
- Pintar as telhas de barro de branco, levando o valor de α para 0,2 e adicionar uma camada de 2,5cm de lã de rocha sobre o forro de madeira de toda a casa, levando o valor de U para 0,95.

Na Tabela abaixo, estão marcados na cor laranja a opção A, amarela a opção B, e em verde a opção C.

Tabela 4: Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica

Transmitância térmica - U (W/m ² .K)			
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6	Zonas 7 e 8	Nível de desempenho

U ≤ 2,3	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$	M
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV	
U ≤ 1,5	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$	I
	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5 FV	U ≤ 1,0 FV	
U ≤ 1,0	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$\alpha \leq 0,4$	$\alpha > 0,4$	S
	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0 FV	U ≤ 0,5 FV	

Adaptado de ABNT (2013) - Tabela I.4, página 55 da NBR 15575 – Parte 5

Por meio destas estratégias passivas a casa passa a atender a NBR 15575 (ABNT, 2013), e conseqüentemente, ter um desempenho térmico melhor, gerando um maior conforto térmico aos seus moradores.

Neste estudo de caso, o ponto interessante é que, o fato de que para se chegar ao nível Superior (estratégia C), as estratégias A e B isoladas devem ser adotadas, permite que elas sejam implementadas em momentos diferentes, não representando custos adicionais muito altos como um investimento inicial, mas um investimento que pode ser feito ao longo da vida útil da casa, melhorando seu desempenho.

4.2. Estratégias ativas: os hábitos de consumo e equipamentos economizadores

Para que haja redução do consumo energético na residência, uma das estratégias é a conscientização e educação dos moradores em relação aos seus hábitos de consumo. As estratégias propostas levam em conta algumas alterações de hábitos que refletem diretamente no consumo energético, mas sem que haja ainda nenhum investimento na compra ou substituição de equipamentos com maior eficiência energética.

As estratégias têm relação com todos os equipamentos, à exceção da geladeira e do televisor, este último, por razões de hábito familiar. Para o chuveiro elétrico, a sugestão é que o tempo de banho seja diminuído à metade, gerando economia não só de energia elétrica, mas de água. Sugere-se que cada um tome dois banhos de 5 minutos por dia, ou mesmo 1 banho de dez minutos (fonte para a rotina estabelecida), não ultrapassando uma hora diária de utilização do chuveiro. Para a lavadora de roupas, a sugestão é que as roupas sujas sejam acumuladas e separadas limitando o uso a apenas 3 vezes na semana. E para as lâmpadas, a indicação é que sejam acesas quando necessário para alguma tarefa específica, mas com o cuidado de deixar as lâmpadas apagadas sempre que não houver uso, levando para 5 horas de acendimento diário, das 17h às 22h, aproximadamente (ANEEL, 2016).

Levando em conta a média da residência para a Região Administrativa de Samambaia, de 420kWh, o consumo da casa encontra-se 10,6% abaixo da média da região. Em relação à estimativa de consumo inicial, o percentual de redução de consumo através dos hábitos representa 27,6% de economia.

Com a intenção de reduzir ainda mais o consumo energético da residência, foi sugerida a substituição de alguns equipamentos, como a geladeira e as lâmpadas, e a instalação de um sistema econômico de aquecimento solar da água, eliminando o uso dos chuveiros elétricos. O dimensionamento do sistema já leva em conta a redução de capacidade do sistema feita de acordo com as estratégias de redução de tempo de banho por dia. Apesar do sistema de aquecimento solar da água ser um equipamento gerador de energia (calor), ele foi considerado neste trabalho como equipamento que contribui para a redução do consumo elétrico.

Para a geladeira nova, com selo A do Procel, foi considerado um consumo mensal de 58,1kWh, de acordo com o indicado pela ANEEL. As lâmpadas eletrônicas seriam substituídas por lâmpadas de LED de intensidade luminosa semelhante. E o sistema de aquecimento solar da água levou o consumo estimado dos chuveiros elétricos a zero, embora em alguns dias muito nublados ele possa vir a ser religado.

Tabela 5: Comparativo entre a estimativa de consumo atual e a economia gerada pelas mudanças de hábitos de consumo

Equipamentos	Cenário 1 - Economia através de mudanças de hábitos de consumo			Cenário 2 - Estimativa de consumo energético atual da residência		
	Pot. (kW)	Tempo (h/dia)	Consumo mensal (kWh)	Pot. (kW)	Tempo (h/dia)	Consumo mensal (kWh)
Chuveiro elétrico	3,5	1	105	3,5	1	0

<i>Geladeira + Freezer*</i>	0,2	24	150	0,08	24	58,1*
<i>Televisor 32"</i>	0,16	14	67,2	0,16	14	67,2
<i>Lavadora de roupas</i>	0,8	1,5	14,4	0,8	1,5	14,4
<i>Lâmpadas</i>	0,15	5	22,5	0,09	5	13,5
<i>* Selo A PROCEL</i>		Total	359,1		Total	153,2

Levando em conta a média da residência para a Região Administrativa de Samambaia, de 420kWh, o consumo da casa encontra-se agora 62% abaixo da média da região. Em relação à estimativa de consumo inicial, o percentual de redução de consumo através dos hábitos representa 69% de economia.

4.3. Estratégias proativas - geração de energia elétrica local

De acordo com Shayani et al (2006), o sistema de geração fotovoltaica tende a se tornar economicamente competitivo a curto prazo. No caso de geração residencial, é indicada a micro geração de energia e a devolução de energia para a rede, conhecido como Sistema de Compensação de Energia (ANEEL, 2012). Micro geradores e mini geradores solares fotovoltaicos (FV) são sistemas de geração elétrica de pequena e média potência, normalmente instalados para produzir energia suficiente para alimentar uma casa, um edifício ou, até mesmo, um galpão de uma indústria. O local mais comum para a instalação é nos telhados e coberturas das edificações.

Para o dimensionamento do sistema de painéis fotovoltaicos a ser utilizado foi utilizado o simulador América do Sol (2014). Este simulador foi criado em uma parceria entre a Cooperação Alemã para o desenvolvimento sustentável, por meio da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)* GmbH e KfW banco de fomento alemão. O Simulador Solar prevê o abastecimento da demanda elétrica anual informada pelo usuário, descontando um consumo mínimo da rede elétrica que corresponde ao custo de disponibilidade. Com relação aos módulos fotovoltaicos, a simulação considera o uso da tecnologia silício policristalino, e a instalação dos painéis voltada para o Norte e com uma inclinação ótima, correspondente à latitude da localização escolhida pelo usuário. A simulação não considera as condições da vizinhança do local informado, mas considera um balanço anual sem acúmulo de créditos para o ano seguinte.

Com o objetivo de conseguir fazer uma comparação entre a energia produzida e a energia consumida, bem como o custo de implantação do sistema micro gerador fotovoltaico residencial e seu tempo de *payback*, foram analisados três cenários:

- i. Cenário de estimativa de consumo de energia elétrica da atual residência;
- ii. Cenário de estimativa de consumo de energia elétrica considerando a economia realizada através da mudança de hábitos de consumo da família;
- iii. Cenário de estimativa de consumo de energia elétrica considerando a economia realizada através dos hábitos de consumo da família somada aos equipamentos economizadores.

Para o cálculo dos valores estimados para a conta de luz, foi considerado o valor atualmente cobrado pela CEB, de R\$0,54/kWh somado à taxa de contribuição de iluminação pública fixa mensal de R\$13,97.

Para a estimativa de custo de implantação do sistema de micro gerador fotovoltaico foi considerado o valor analisado pelo América do Sol (2014), equivalente a R\$8,69/kWp. E finalmente, para o cálculo de *payback* simples foi utilizada a relação entre o valor do investimento e a economia anual, conforme a equação abaixo:

Tempo de *Payback* (anos) = Valor de investimento (R\$) / Valor da economia anual (R\$/ano).

A seguir, apresentam-se os resultados encontrados para cada um dos cenários descritos.

Tabela 6 –Resumo de dados para implantação de sistema de micro geração de energia fotovoltaica e tempo de *payback* para os Cenários i, ii, iii

	Cenário i	Cenário ii	Cenário iii
--	-----------	------------	-------------

<i>Consumo mensal</i>	496,2 kWh	R\$281,92	359,1 kWh	R\$207,88	153,2 kWh	R\$96,70
<i>Consumo anual</i>	5,95 MWh	R\$3.383,02	4,31 MWh	R\$2.494,61	1,84 MWh	R\$1.160,38
<i>Capacidade do sistema</i>	3,2 kWp	R\$27.808,00	2,2 kWp	R\$19.118,00	0,7 kWp	R\$6.083,00
<i>Área ocupada pelas placas</i>	22 a 28m ²		15 a 19m ²		4 a 6m ²	
<i>Geração fotovoltaica</i>	4,64 MWh		3,19 MWh		1,015 MWh	
<i>Consumo complementar anual da rede elétrica</i>	1,31 MWh	R\$746,23	1,12 MWh	R\$647,91	0,82 MWh	R\$519,72
<i>Economia anual</i>		R\$2.636,23		R\$1.846,70		R\$640,66
<i>Tempo de Payback</i>		10,55 anos		10,35 anos		9,49 anos

5. RESULTADOS

Para as estratégias passivas, vimos que o tipo de parede especificado no projeto da residência utilizada como estudo de caso cumpre os dois pré-requisitos, tanto o de transmitância, quanto o de capacidade térmica. O tipo de parede especificado é então adequado para a região em que se encontra. Já a cobertura especificada não atende o desempenho mínimo exigido pela norma. Ou seja, o tipo de cobertura especificado não é adequado para a região em que a casa se encontra, sendo necessário algum tipo de refrigeração artificial para atender aos níveis de conforto térmico no interior da casa.

Em relação às estratégias ativas e proativas, a comparação entre os três cenários deixa claro que para se atingir o balanço energético nulo em edifícios não basta apenas produzir energia localmente. A redução do consumo e a eficiência energética dos sistemas é a peça chave para que o resultado seja atingido, sendo o cenário iii o mais favorável em relação ao custo de investimento.

Na realidade, para uma correta avaliação do Cenário iii, deve-se levar em consideração para o valor do investimento os custos dos equipamentos economizadores propostos, estimados em R\$1.700,00 para a geladeira, R\$3.000,00 para o sistema de aquecimento solar da água e R\$169,00 para as lâmpadas LED. Deste modo, somados aos R\$6.083,00 do micro gerador fotovoltaico, o investimento passa a ser de R\$10.952,00. O tempo de *payback* passa a ser de 17 anos. No entanto, este longo *payback* só ocorre pelo fato de que o consumo energético em si já é muito baixo.

Quando se avaliam os custos globais de implantação dos sistemas micro geradores fotovoltaicos e o Valor Global da Obra, vemos que os cenários i e ii são inviáveis economicamente. Estima-se que a residência tomada como estudo de caso custe cerca de R\$1.000,00 (mil reais) por metro quadrado. Ou seja, algo em torno de R\$68.000,00. Portanto, o investimento do Cenário i representa 40% do valor de construção da casa; o investimento do Cenário ii representa 30%; e o investimento estimado do Cenário iii representa 9,35%.

5. CONCLUSÕES

Em relação à redução da demanda energética residencial e de acordo com o estudo de caso apresentado, boa parte do consumo de energia residencial poderia ser reduzida por meio de algumas mudanças de hábitos de consumo energético, e também do uso de equipamentos eficientes para a iluminação, aquecimento da água e refrigeração de alimentos.

A redução do consumo energético dentro de casa, pode ser alcançada através de projetos mais criteriosos, e tomando como base a avaliação de desempenho térmico da NBR 15575, pode-se concluir que o fato de que se a casa seja bem projetada e construída para sua determinada Zona Bioclimática, provavelmente resultará em um desempenho térmico favorável, e reduzirá, conseqüentemente, o consumo de energia com uso de estratégias consumidoras de energia para climatização artificial.

O segundo grupo de estratégias para casas de interesse social de balanço energético nulo em Brasília é o uso de produção local de energias renováveis através do uso de painéis solares fotovoltaicos, devido às características climáticas da cidade, favoráveis a este tipo de tecnologia.

No entanto, o estudo de caso demonstra que apenas gerar energia localmente não é uma solução viável. É importante frisar também que a conta de energia elétrica não chegaria ao valor zero absoluto quando se trata de uma casa inserida em uma malha urbana atendida por infraestrutura de distribuição de energia elétrica, pois ao menos a taxa cobrada por esta distribuição e infraestrutura será necessário pagar.

Portanto, confirma-se por meio dos cálculos estimativos de viabilidade a afirmação de que para se alcançar uma residência de balanço energético nulo é necessário, antes de tudo, que se reduza o consumo por meio de estratégias passivas (construção da casa) e ativas (eficiência energética dos equipamentos e hábitos de consumo). E então, em conjunto com a geração local de energia elétrica pode-se alcançar o balanço energético nulo em habitações de interesse social a um custo que não é exorbitante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 15575**: Desempenho de Edificações Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 482 de 17 de Abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 19 set 2012.

_____. **Aprenda a calcular o consumo de seu aparelho e economize energia**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=4101&id_area=90> Acesso em 7 de agosto de 2016.

ARRUDA, Ângelo Marcos. **Brasileiro terá direito à assistência técnica na moradia**. Revista Projetar, p. 8-9, jul 2016.

BRASIL. **Instrução Normativa MPOG/SLTI nº 2**. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 4 jun. 2014.

_____. **Lei nº 11.888, de 24 de Dezembro de 2008**. Assegura às famílias de baixa renda assistência técnica pública e gratuita para o projeto e a construção de habitação de interesse social e altera a Lei no 11.124, de 16 de junho de 2005. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 26 dez 2008.

CAVALCANTE, Paulo. **Projeto de arquitetura de habitação de interesse social do programa Habita Brasília**. Codhab, Brasília, julho de 2016.

CEB – Companhia Energética de Brasília. **Dados primários fornecidos para fins acadêmicos**. Brasília, fevereiro de 2016.

CODHAB – Companhia de Desenvolvimento Habitacional do Distrito Federal. **Cartilha do Programa Habita Brasília: Soluções de moradia**. Governo de Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.habitabrasilia.df.gov.br/habitabrasilia>> Acesso em 17 de agosto de 2016.

DIDONÉ E. L. et al. **Estratégias para edifícios de escritórios de energia zero no Brasil com ênfase em BIPV**. In: Associação Nacional de Tecnologia do ambiente construído. Porto Alegre, jul/set 2014. p. 27-42.

DOMINGOS, Lucas; KALZ, Dorren; DINKEL, Arnulf; LOMARDO, Louise; SILVA, Vanessa. **Definição de uma classificação climática para o estudo de edificações com balanço anual zero de energia no Brasil**. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente construído, p.213-222, novembro de 2014, Maceió.

FERREIRA, C. P. **Alguns Dados sobre o clima para edificação em Brasília**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 1965.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Edificações residenciais etiquetadas**. Disponível em: <<http://www.pbenedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas/residencial>> Acesso em 8 de agosto de 2016.

LAMBERTS, Roberto et. al. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

SHAYANI, Rafael Amaral et al. **Comparação de custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais**. V Congresso Brasileiro do Planejamento Energético, 31 de maio a 2 de junho de 2006, Brasília

TORCELLINI, P. et al. **Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition**. California: ACEEE Summer Study, 2006.

VOSS, K. and MUSALL, E. **Net Zero Energy Buildings: International projects of carbon neutrality in buildings**. Ed. Green Books. Munique, 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Equipe da Codhab em especial ao Arq. Paulo Cavalcante pelo fornecimento do Projeto, objeto de estudo.