

**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Engenharia de Energia**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM RESIDÊNCIAS
UNIFAMILIARES DE BAIXA RENDA**

Por
Karoline Martins Cabral

**Orientadora: Cristina de Abreu Silveira
Co-orientadora: Maria Vitória Duarte Ferrari Tomé**

**Brasília, DF
2014**



KAROLINE MARTINS CABRAL

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES DE BAIXA
RENDA**

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Orientadora: Prof. Dra. Cristina de Abreu Silveira

Co-Orientadora: Prof. Dra. Maria Vitória Duarte Ferrari Tomé

**Brasília, DF
2014**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Cabral, Karoline Martins.

Eficiência Energética em Residências Unifamiliares de
Baixa Renda/ Karoline Martins Cabral. Brasília: UnB,
2014. 64p.: il.; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília
Faculdade do Gama, Brasília, 2014. Cristina de Abreu Silveira.

1. Consumo de energia. 2. Edificações residenciais. 3. RTQ-R.
4. Casa popular. I. Silveira, Cristina de Abreu. II. Dr^a.

CDU 620.9



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES DE BAIXA RENDA

Karoline Martins Cabral

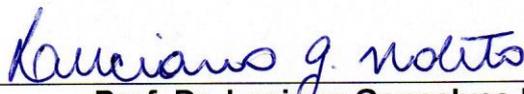
Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em 28/11/2014 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:



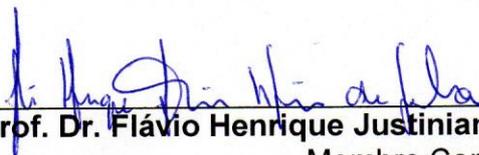
Prof. Dra. Cristina de Abreu Silveira, UnB/FGA
Orientador



Prof. Dra. Maria Vitória Duarte Ferrari Tomé, UnB/FGA
Co-orientadora



Prof. Dr. Luciano Gonçalves Noletto, UnB/FGA
Membro Convidado



Prof. Dr. Flávio Henrique Justiniano Ribeiro da Silva, UnB/FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus pelo dom da vida e pela saúde.

As minhas orientadoras Cristina de Abreu Silveira e Maria Vitória Duarte Ferrari Tomé por toda paciência, atenção e incentivo na realização deste trabalho.

Aos meu pais, Sebastião Barros Cabral e Maria das Dores Martins Cabral, pelo amor, criação e dedicação.

Ao meu irmão, Patrick Martins Cabral e a minha amiga, Mirella da Silva Rodrigues por todo carinho e companheirismo.

Ao meu namorado, Víctor Augusto Freitas de Oliveira, pelo apoio e amor incondicional. Eu te Amo!

A Gleide Meire Maciel, por toda calma e ajuda no estudo de caso.

E a todos que contribuíram para a realização deste grande sonho. Muito obrigada!

" A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso."

(John Ruskin)

RESUMO

As edificações têm uma parcela importante no consumo de energia do Brasil. Para isso medidas que aumentem a eficiência energética são necessárias nessa área, como forma de amenizar os impactos no setor elétrico. Este trabalho descreve a eficiência energética em edificações residenciais de baixa renda, visto que há um crescimento nas construções desse segmento por parte do Programa Minha Casa Minha Vida. Assim sendo, foi realizada a análise de uma residência desse Programa, utilizando o método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) e se constatou um baixo nível desta eficiência. Assim foram propostas medidas como aquecimento solar, reaproveitamento de água da chuva, coberturas com baixa taxa de transferência de calor e aberturas que tenham maior ventilação e iluminação no interior da residência. Essas ações resultaram na elevação significativa do nível eficiência energética da casa popular.

Palavras-chave: Consumo de energia. Edificações residenciais. RTQ-R. Casa popular.

ABSTRACT

The buildings have a significant portion of energy consumption in Brazil. For that, energy efficiency measures are necessary in this area, as a way to mitigate impacts on the electricity sector. This paper describes energy efficiency in low income residential buildings, since there is an increase in the construction of this segment by the program Minha Casa Minha Vida. Therefore, an analysis of one these program residence was made, using the prescriptive method of the Technical Quality Regulations for Level Energy Efficiency of Residential Buildings (RTQ-R) and a low level of these efficiency was found. Thus, measures such as solar heating, rainwater reuse, low rate of heat transfer coverage and openings that provide increased ventilation and lighting inside the residence resulted in significant increase of the energy efficiency level of popular house.

Keywords: Energy consumption. Residential buildings. RTQ-R. Home popular.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fachada da Casa Eficiente (Eletrosul, 2014).....	19
Figura 2: Casas construídas pelo Programa Minha Casa Minha Vida	21
Figura 3: Etiqueta de eficiência energética em refrigerador (Inmetro, 2014).	25
Figura 4: ENCE Unidade autônoma construída (LabEEE, 2014).....	27
Figura 5: Níveis de eficiência (Inmetro, 2014).	28
Figura 6: Disposição das casas no condomínio Serra da Canastra (Autor, 2014).....	37
Figura 7: Fachada leste da casa analisada (Autor, 2014).	37
Figura 8: Planta baixa da casa analisada (Autor, 2014).	38
Figura 9: Zona Bioclimática da cidade Valparaíso de Goiás (LabEEE, 2005)	40
Figura 10: Materiais que constituem as paredes da casa (LabEEE, 2011).	41
Figura 11: Cobertura da casa analisada (LabEEE, 2011).	41
Figura 12: Janela da casa analisada (Autor, 2014).	41
Figura 13: Cobertura da casa (NBR 15220-3, 2003).....	42
Figura 14: Exemplo de janela toda em vidro.....	43
Figura 15: Dispositivo de sombreamento na Casa Eficiente (LabEEE, 2010).	44
Figura 16: Aproveitamento de água da chuva com minicisterna ¹⁸	44
Figura 17: Exemplo de lâmpadas com Selo Procel	45
Figura 18: Exemplo de refrigeradores com Selo Procel.....	45
Figura 19: Sistema de aquecimento de água com coletores solares da empresa	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação.....	28
Tabela 2: Coeficientes de cada região geográfica	29
Tabela 3: Classificação nível D da casa analisada	42
Tabela 4: Classificação nível C da casa analisada	43
Tabela 5: Classificação nível B da casa analisada	46
Tabela 6: Orçamento para sistema de aproveitamento de água.....	47
Tabela 7: Orçamento do sistema de eficiência energética.	48
Tabela 8: Envoltória e pré-requisitos dos ambientes.....	55
Tabela 9: Pré-requisitos da UH	56
Tabela 10: Bonificações.....	57
Tabela 11: Envoltória e pré-requisitos dos ambientes.....	58
Tabela 12: Pré-requisitos da UH	59
Tabela 13: Bonificações.....	60
Tabela 14: Envoltória e pré-requisitos dos ambientes.....	61
Tabela 15: Pré-requisitos da UH	62
Tabela 16: Bonificações.....	63
Tabela 17: Aquecimento de água	64

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
CB3E – Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações
CMMAD – Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONPET – Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
Eletrobrás – Centrais Elétricas Brasileiras
Eletrosul – Centrais Elétricas Brasileiras Sul
ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE – Empresa de Pesquisa Energética
Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO – *International Organization for Standardization* - Organização Internacional para Padronização
LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*
MME – Ministério de Minas e Energia
NBR – Norma Brasileira
RTQ-R – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
ONU – Organização das Nações Unidas
PAC – Programa de Aceleração do Crescimento
PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem
Procel – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PMCMV – Programa Minha Casa Minha Vida
PME – Programa de Mobilização Energética
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
SAM – *Sustainability Assessment Model*
SINAT – Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UH – Unidade habitacional

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1. Objetivos	15
1.2. Estrutura do Trabalho.....	16
2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS.....	17
2.1. Contextualização.....	17
2.2. Edificação Eficiente	18
2.2.1. Projeto arquitetônico	19
2.2.2. Projeto elétrico e sistema de aquecimento de água.....	20
2.2.3. Uso racional de água	20
2.3. Casas Populares – Programa Minha Casa Minha Vida.....	21
2.3.1. Especificações mínimas para as casa do PMCMV	22
3. NORMAS E PROGRAMAS SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	23
3.1. Normalização	23
3.1.1. Programa Conserve	23
3.1.2. Programa de Mobilização Energética	23
3.1.3. Programa de Conservação de Energia em Eletrodomésticos.....	23
3.1.4. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica	23
3.1.5. Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural	24
3.1.6. Lei nº 10.295 - Lei da Eficiência Energética.....	24
3.1. PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	24
3.1.1. Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE	24
3.1.2. Programa Nacional de Conservação de Energia – PROCEL	25
4. REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS (RTQ-R).....	26
4.1. MÉTODO PRESCRITIVO PARA DETERMINAÇÃO DA PONTUAÇÃO DAS UNIDADES HABITACIONAIS AUTÔNOMAS	27
4.1.1. Procedimento para determinação do desempenho térmico da envoltória...29	
4.1.2. Procedimento para determinação do equivalente numérico do sistema de aquecimento de água.....	29
4.1.3. Procedimento para determinação das bonificações	30
5. SUSTENTABILIDADE E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS.....	31
5.1. NORMAS DE CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS	33
5.1.1. LEED	33
5.1.2. SAM.....	34
5.1.3. BREEAM	34
5.1.4. CASA AZUL CAIXA	34
5.1.5. SUSTENTAX.....	35
5.1.6. ABNT NBR ISO 14000	35
5.1.7. ABNT NBR 15220.....	36
6. ESTUDO DE CASO	36
6.1. METODOLOGIA	38
6.2. RESULTADOS.....	40
6.2.1. Nível D de Eficiência Energética	40
6.2.2. Nível C de Eficiência Energética	42
6.2.3. Nível B de Eficiência Energética	43
6.3. ESTIMATIVA DE ORÇAMENTO DAS AÇÕES EFICIENTES	47
7. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	48
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	50
REFERÊNCIAS	52

INTRODUÇÃO

O Brasil na tentativa de alcançar maior desenvolvimento econômico e social demanda cada vez mais energia. O crescimento da urbanização e industrialização provocam uma maior intensidade desse insumo e com isso o país tem o desafio de estabelecer uma infraestrutura energética capaz de atender todo o país. Nas últimas décadas, a solução mais adotada foi à construção de usinas hidrelétricas, porém a irregularidade do regime de chuvas e a redução na capacidade de armazenamento dos reservatórios para geração de energia aumentam o risco de racionamento de energia (Greenpeace, 2013).

No ano 2013, a expansão do consumo de energia elétrica foi impulsionada pelo setor residencial, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o consumo no país foi de 463,7 mil GWh, elevação de 3,5% em relação ao ano anterior, sendo que o consumo no setor residencial correspondeu 124.858 GWh, com um aumento de 6,1% de aumento do consumo em relação ao ano de 2012 (EPE, 2014).

As edificações têm sido um dos maiores responsáveis pelo consumo de energia, por não considerar materiais, equipamentos e tecnologias que permitam um melhor uso energético e por possuírem fachadas com má orientação responsáveis pelo uso indiscriminado de aproximadamente de 25 a 45% da energia consumida (Procel, 2013; Mascaró e Mascaró; 1992).

O aumento na demanda nesse setor também é estimulado pelo acesso da população a equipamentos como: eletrodomésticos, aparelhos eletrônicos e produtos que proporcionam maior conforto e comodidade ao usuário (BEN, 2014).

Esse cenário embora indique o aquecimento econômico e a melhoria na qualidade de vida, por outro lado apresenta aspectos negativos como: a possibilidade do esgotamento dos recursos utilizados para a produção de energia, impacto ambiental negativo, elevados investimentos exigidos na pesquisa de novas fontes energéticas e construção de novas usinas hidrelétricas (Aneel, 2014).

Assim sendo, uma forma de solucionar esses problemas é estimular a eficiência energética, pois ela diminui o desperdício de energia sem comprometer qualidade de vida da sociedade.

O presente trabalho consiste na aplicação da eficiência energética de uma unidade habitacional de baixa renda, uma vez que há uma preocupação do Estado brasileiro neste segmento, com programas governamentais definidos, como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) que pretende construir aproximadamente seis milhões de unidades habitacionais por meio do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV).

As habitações de baixa renda são consideradas de baixo consumo, razão pela qual são beneficiários da tarifa social de energia elétrica. Entretanto, como são construídas conjuntos residenciais que comportam várias unidades, a carga total dos conjuntos apresentam uma grande demanda para o Setor Elétrico Brasileiro, não podendo ser desprezadas.

Há diversas formas de reduzir o consumo residencial de energia, dentre elas a substituição por aparelhos mais eficientes, aquecedores de água por meio de painéis solares e a própria construção da residência. Assim, aliando o RTQ-R aos programas governamentais como PMCMV é possível contribuir para redução do consumo de energia no país.

Na busca por eficiência energética foram criados programas e políticas de conservação e uso racional de energia, como é o caso do programa Procel Edifica (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), elaborado para estimular o uso eficiente de eletricidade nas edificações, de forma a diminuir os desperdícios de energia, de materiais, e os impactos ambientais (Eletrobrás, 2013).

Em 2010, o Ministério de Minas e Energia (MME) e a Eletrobrás, em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) e por meio do Procel Edifica, criaram o Regulamento Técnico da Qualidade aplicado a Edificações Residenciais (RTQ-R). Esse regulamento foi criado a fim de promover requisitos técnicos e métodos para a classificação da eficiência energética em residências. Esse Regulamento gera, como resultado da avaliação, uma etiqueta, ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (que varia do nível A, mais eficiente ao nível E, menos eficiente).

Deste modo, o presente trabalho aplicou o método prescritivo RTQ-R, considerando como estudo de caso uma residência do PMCMV, situada na cidade de Valparaíso de Goiás, para avaliar o nível de classificação da eficiência na

residência. Além disso, avaliaram-se medidas para melhorar a eficiência energética dessas edificações.

Considerando que a metodologia do RTQ-R não contempla todas as alternativas de eficiência energética, as análises foram complementadas com outras ferramentas de gestão ambiental e soluções presentes em modelos de casas eficientes.

A importância deste trabalho justifica-se como forma de indicar medidas que possam contribuir para uma melhoria na qualidade de residências populares, por meio da diminuição no consumo de energia e melhoria do conforto ambiental térmico, proporcionando tanto o aumento na qualidade dos espaços construídos como a redução dos impactos causados ao meio ambiente.

E a aplicação de eficiência energética nas unidades de baixa renda, ainda que possa agregar um custo adicional nas construções, este é minimizado tendo em vista a quantidade de unidades (que favorecem descontos na compra de materiais pelo varejo) e o fato dessas melhorias serem integradas desde a fase de projeto, ou seja, o custo é bem menor do que quando integrado posteriormente nas residências construídas.

1.1. OBJETIVOS

a) Objetivo geral

O objetivo deste trabalho é avaliar a aplicabilidade do RTQ-R em residências unifamiliares do Programa Minha Casa Minha Vida e propor medidas para aumento da eficiência energética.

b) Objetivos específicos

- Situar historicamente os conceitos de eficiência energética, arquitetura, edificações eficientes e sobre programas habitacionais de interesse social;
- Utilizar o Regulamento Técnico da Qualidade aplicado a Edificações Residenciais (RTQ-R), para avaliar o grau de eficiência energética de uma unidade residencial de baixa renda;
- Identificar as Normas Brasileiras relativas à gestão ambiental e eficiência energética aplicáveis as edificações;

- Identificar medidas eficientes para aumentar o nível de eficiência energética em residências populares.

1.2. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em oito capítulos. No primeiro capítulo é apresentada a introdução, que contextualiza o tema a ser abordado, os objetivos gerais, específicos e a estrutura do trabalho.

O segundo capítulo apresenta o surgimento da eficiência energética e de que forma ela contribui para a melhoria dos ambientes construtivos, demonstra os requisitos utilizados na Casa Eficiente de Florianópolis e explica sobre o Programa Minha Casa Minha Vida.

No terceiro capítulo é apresentado um histórico sobre legislação em eficiência energética no Brasil e os programas nacionais de conservação de energia.

No quarto capítulo é sintetizada a avaliação da eficiência energética em residências unifamiliares por meio do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R).

O quinto capítulo é mostrado o conceito de sustentabilidade e suas modificações ao longo dos anos, juntamente com normas ambientais.

O sexto capítulo apresenta um estudo de caso para a avaliação do nível de eficiência energética em uma residência unifamiliar de baixa renda.

No sétimo capítulo é realizada a análise dos resultados e justificativa da adoção das medidas para aumento de eficiência da edificação.

Por fim, o oitavo capítulo contém as considerações finais e perspectivas para trabalhos futuros.

1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

2.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Historicamente, a partir da Revolução Industrial a arquitetura teve uma disseminação do chamado estilo internacional¹. Os parâmetros das condições climáticas locais não eram considerados quando se aplicava esse estilo. Assim, a maior comodidade humana foi possível devido aos mecanismos artificiais que surgiram com o desenvolvimento tecnológico decorrentes da Revolução Industrial (MME, 2011).

As edificações passaram a adotar sistemas de iluminação e climatização artificial para proporcionar maior conforto aos usuários. Em consequência disso, apareceram construções arquitetônicas que necessitavam cada vez mais de recursos energéticos e econômicos. Ademais, na década de 80, houve uma intensificação do crescimento da população nos centros urbanos, levando a um aumento na produção de energia para atender as necessidades da sociedade (Lamberts *et al.*, 2014).

A construção de usinas hidrelétricas e termelétricas para suprir a demanda crescente, foi necessária. No entanto, essas usinas trouxeram consigo diversos impactos à natureza como o alagamento de grandes áreas, poluição ambiental decorrente dos combustíveis fósseis utilizados em usinas térmicas, entre outras adversidades (Lamberts *et al.*, 2014; Eletrobras, 2014).

Em 1973, com a crise do petróleo² a questão energética e ambiental passaram a ser reconhecidas como assuntos urgentes e delicados, mostrando que o cenário de alto consumo de energia, aliado a inconstante extração dos recursos naturais eram insustentáveis sob o ponto de vista da preservação ambiental (MME, 2011).

A eficiência energética mostrava-se a alternativa mais adequada para esse alto consumo energético, pois economizar energia é mais barato do que produzir. Desta forma, a concepção de desenvolvimento sustentável foi ganhando espaço na sociedade (Lamberts *et al.*, 2014).

¹ Modelo este que criou a mesma solução arquitetônica em diversas condições ambientais (MME, 2011).

² “Crise do petróleo (1973-74 e 1979-81) trouxe a percepção de escassez dos recursos energéticos e forçou a alta nos preços dos energéticos, abrindo espaço para ações voltadas à conservação e maior eficiência no uso de seus derivados” (MME, 2011).

A eficiência energética é um requisito que deve ser associado na arquitetura, porque uma arquitetura mais eficiente é possível ter um menor consumo de energia, sem que o usuário perca conforto térmico, visual e acústico. Diante disso, para que um edifício seja mais eficiente energeticamente que outro, ele deve garantir as mesmas condições ambientais com o menor consumo de Energia (Lamberts *et al.*, 2014).

De acordo com Soares (2014), chefe do departamento de Projetos Especiais do Procel, estudos revelam que, se forem aplicados no início do projeto, técnicas como eficiência energética e bioclimática nas edificações, a economia de energia elétrica com climatização e iluminação chegará a 48% a menos do que em uma habitação que não utilize estas técnicas.

2.2. EDIFICAÇÃO EFICIENTE

A Eletrosul, Eletrobrás, por meio do PROCEL, em parceria com a UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina e o LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, desenvolveram um modelo de residência unifamiliar eficiente. Esse modelo foi construído em Florianópolis, Santa Catarina, a estrutura possui uma área útil de aproximadamente 206 m², composta por dois quartos, uma sala de estar e jantar, uma cozinha, uma área de serviço coberta, um banheiro e uma área para recepção do público (LabEEE, 2010).

A Casa Eficiente é uma vitrine tecnológica em edificações residenciais, para a disseminação de conceitos em eficiência energética, conforto ambiental e consciência ambiental. Para funcionar como laboratório, a Casa foi equipada com um sistema de monitoramento termo-energético para auxiliar a comunidade acadêmica, profissionais da construção civil e setor elétrico em suas pesquisas (LabEEE, 2010). A seguir a (Fig. 1) apresenta fachada da Casa.



Figura 1: Fachada da Casa Eficiente (Eletrosul, 2014).

2.2.1. Projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico foi desenvolvido para que a Casa tivesse o máximo de aproveitamento das condições climáticas de Santa Catarina. Para isso foram realizados as seguintes implantações (Lamberts *et al*, 2010):

- O telhado tem um isolamento térmico e as paredes uma inércia térmica, para que haja menor transferência de calor do ambiente externo para o interno e vice-versa;
- As paredes externas possuem um isolamento de lã de rocha no interior das paredes duplas com tijolos maciços revestidos, dificultando a transmissão de calor;
- As esquadrias possuem vidro duplo para o isolamento térmico das vedações e persianas externas de madeira para sombreamento diurno e ventilação noturna;
- A cobertura do teto dispõe de camada interna de lã de rocha para a preservação do conforto térmico.
- A casa tem diferentes tipos de telhados, sendo eles telhado cerâmico, telhado metálico e telhado vegetado.
- As aberturas possuem orientação para os ventos dominantes no verão (Norte e Nordeste);
- As aberturas são posicionadas em paredes opostas para favorecer a ventilação cruzada.

2.2.2. Projeto elétrico e sistema de aquecimento de água

A Casa Eficiente incluiu todas as necessidades de uma residência de classe média no seu projeto elétrico, mas com algumas características diferenciadas para alcançar melhor eficiência energética (Lamberts *et al.*, 2010):

- Para racionalizar o uso da iluminação artificial foi utilizado no projeto luminotécnico conceito de iluminação de tarefa³;
- A casa tem tecnologias de geração de energia fotovoltaica interligada a rede elétrica;
- Aquecimento de água é feito por meio de painéis solares;
- Os eletrodomésticos como geladeira e máquina de lavar roupas, possuem etiqueta “A” de eficiência energética com Selo PROCEL;
- O consumo de energia elétrica é monitorado.

2.2.3. Uso racional de água

Como forma de diminuir o desperdício do uso de água, são utilizadas técnicas que permitem seu reaproveitamento (Lamberts *et al.*, 2010):

- As calhas permitem a coleta da água da chuva, que é filtrada, armazenada e reaproveitada na descarga sanitária, tanque, máquina de lavar roupa e sistema de aquecimento dos quartos;
- O projeto foi desenvolvido para o descarte de água dos cinco primeiros minutos do início da chuva, para que não se armazene água com impurezas contidas no telhado;
- A água do vaso sanitário sofre um tratamento biológico por zonas de raízes⁴ para depois ser descartado na rede de esgoto.

³ “A iluminação de tarefa prioriza a iluminância correta no plano de trabalho, sem a necessidade de iluminação uniforme em todo o ambiente, principalmente naqueles de maior amplitude. Com a iluminação apenas na área da tarefa, consegue-se o conforto visual desejado e economia de energia” (Lamberts *et al.*, 2010, p.26).

⁴ “Zona de raízes também chamado de leito cultivado construído ou wetland. Neste sistema biológico são utilizadas vegetações de áreas alagadas, onde ocorrem operações de sedimentação e processos aeróbios que promovem a redução de carga orgânica” (Lamberts *et al.*, 2010, p.34).

2.3. CASAS POPULARES – Programa Minha Casa Minha Vida

O Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) foi criado em março de 2009 com a Medida Provisória 459/2009, convertida na Lei nº 11.977, com o objetivo de reduzir o déficit habitacional brasileiro. Dos investimentos do PMCMV, 60% foram destinados para a construção de casas para famílias de baixa renda, que estão dentro nas faixas de renda mensal: (1) até R\$ 1.600, (2) até R\$ 3.100 e (3) até R\$ 5 mil (PAC, 2014).



Figura 2: Casas construídas pelo Programa Minha Casa Minha Vida⁵

Segundo o 10º Balanço do PAC 2 (Janeiro – Abril de 2014), o Brasil ampliou o acesso das famílias a moradia por esse programa, entregando 388 mil casas e apartamentos na região Sul, 423 mil na região do Nordeste, 573 mil na região Sudeste, 198 mil na região do Centro-Oeste e 77 mil na região Norte do país⁶.

O PMCMV em sua fase inicial (2009 - 2010) propôs a contratação de 1 milhão de unidades habitacionais, a segunda fase (2011 - 2014) financiou mais de 2 milhões de unidades e tem previsão de mais 200 mil unidades até dezembro 2014 e

⁵ Disponível em: <http://minhacasaminhavidame/sorteio-minha-casa-minha-vida-2014.html>. Acesso em 07 de setembro de 2014.

⁶ Disponível em: <http://www.pac.gov.br/sobre-o-pac/publicacoesnacionais>. Acesso em 07 de Setembro de 2014.

para a terceira fase que terá início em 2015 tem por meta a construção de mais 3 milhões de unidades⁷.

2.3.1. Especificações mínimas para as casa do PMCMV

Para as habitações populares com 36 m² de área (sem computar a área de serviço) com uma sala, um dormitório para casal, um dormitório para duas pessoas, uma cozinha, uma área de serviço coberta (externa), uma circulação e um banheiro são apresentados abaixo as especificações mínimas do projeto Minha Casa Minha Vida (Seplan, 2014).

Características gerais (Seplan, 2014):

- Pé direito mínimo de 2,30 m nos banheiros e 2,50 m nos demais cômodos;
- Cobertura em telha cerâmica, sobre estrutura de madeira ou metálica, ou solução com desempenho equivalente;
- Pintura sobre reboco ou gesso;
- Revestimento texturizado ou pintura acrílica sobre reboco.
- Azulejo possui altura mínima de 1,50 m em todas as paredes do banheiro, cozinha e área de serviço.
- Portas de material metálico ou em madeira. Batente em aço ou madeira desde que possibilite a inversão do sentido de abertura das portas. Vão livre de 0,80 m x 2,10 m em todas as portas. Previsão de área de aproximação para abertura das portas (0,60 m interno e 0,30 m externo).
- Janelas serem em aço ou madeira. Vão de 1,20 m² nos quartos e 1,50 m² na sala, sendo admissível uma variação de até 5%.
- Pisos cerâmicos em toda a área interna da unidade, com rodapé, e desnível máximo de 15 mm.
- Os projetos devem prever a ampliação das casas;
- Quando utilizada tecnologia inovadora, seguir a diretriz do SINAT (Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores).

⁷ Disponível em: <http://www.minhacasaminhavidabrasil.com.br/casa-vida-meta-divulgada>. Acesso em 07 de Setembro de 2014.

2. NORMAS E PROGRAMAS SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

3.1. NORMALIZAÇÃO

A partir da década de 80, o Brasil apresentou as primeiras ações voltadas para eficiência energética, que ao longo dos anos, vem se desenvolvendo e se difundindo na sociedade. Algumas das principais ações de incentivo à eficiência energética são destacadas:

3.1.1. Programa CONSERVE

O Programa CONSERVE foi criado em 1981, pela Portaria MIC/GM46, para promover ações voltadas para conservação de energia no setor industrial. O governo ofereceu estímulos para conservação e a substituição de óleos combustíveis, principalmente na indústria de siderurgia, bem como a utilização do excesso da energia proveniente da geração elétrica hidráulica para produção de calor nas eletrotérmicas (Portaria MIC/GM46, 1981).

3.1.2. Programa de Mobilização Energética – PME

O PME foi criado em 2 de abril de 1982 pelo Decreto N° 87.079, com objetivo de conservar os recursos energéticos e substituir gradativamente os derivados do petróleo por fontes alternativas brasileiras (Brasil, 1982).

3.1.3. Programa de Conservação de Energia em Eletrodomésticos

O Programa de Conservação de Energia Elétrica em Eletrodomésticos implementado pelo Inmetro em 1984, foi criado para promover a diminuição do consumo de energia em aparelhos de refrigeração e ar condicionados de uso doméstico. Posteriormente, em 1992, este programa transformou-se no Programa Brasileiro de Etiquetagem, sendo incorporadas condições de segurança e parâmetros mínimos de eficiência energética em equipamentos (MME, 2011).

3.1.4. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL

O PROCEL foi criado em dezembro 1985, pela Portaria Interministerial nº 1.877, dos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, sendo

operacionalizado pela Eletrobrás. Em 1991, teve suas atividades ampliadas quando se transformou em Programa de Governo. O objetivo do PROCEL é incentivar o uso eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício (MME, 1985).

3.1.5. Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – CONPET

O CONPET criado em 18 de Julho de 1991, instituído pelo Decreto nº 99.250, do Ministério de Minas e Energia, com a administração da Secretaria Executiva da Petrobrás. O programa tem por finalidade incentivar o uso eficiente e racional das fontes de energia não renováveis (MME, 1991).

3.1.6. Lei nº 10.295 - Lei da Eficiência Energética

A Lei nº 10.295, conhecida como a Lei da Eficiência Energética foi criada em 17 de Outubro de 2001, por meio do Decreto nº 4.059. Ela foi um marco na eficiência energética brasileira, pois estabeleceu parâmetros máximos e mínimos de consumo para aparelhos fabricados e comercializados no Brasil, sendo de caráter do Poder Executivo estipular esses parâmetros. Ela designou também o estabelecimento do programa de metas que impõe os fabricantes e comerciantes de aparelhos importados o cumprimento dos níveis de consumo, após um ano a publicação dos mesmos. Essa Lei promove a conservação e uso racional da energia, para a utilização eficiente dos recursos energéticos e a preservação ambiental (Brasil, 2001).

3.1. PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

3.1.1. Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE

O PBE, coordenado pelo Inmetro em parceria com a Eletrobrás (PROCEL), auxilia na eficiência energética dos produtos vendidos no Brasil, por meio da etiquetagem em níveis, de nível A (o mais eficiente) ao menos eficiente (nível C até G, dependendo do produto). Inicialmente, os produtos são ensaiados em laboratórios e de acordo com o nível de eficiência que cada aparelho apresenta, é realizado a etiquetagem (Inmetro, 2014).

Por meio da etiqueta (Fig. 3), os consumidores têm as informações de quais aparelhos são mais econômicos, mais silenciosos ou até mesmo os que consomem menos água. Assim, estimula a compra consciente e melhora competitividade na indústria, pela fabricação de produtos cada vez mais eficientes (Inmetro, 2014).

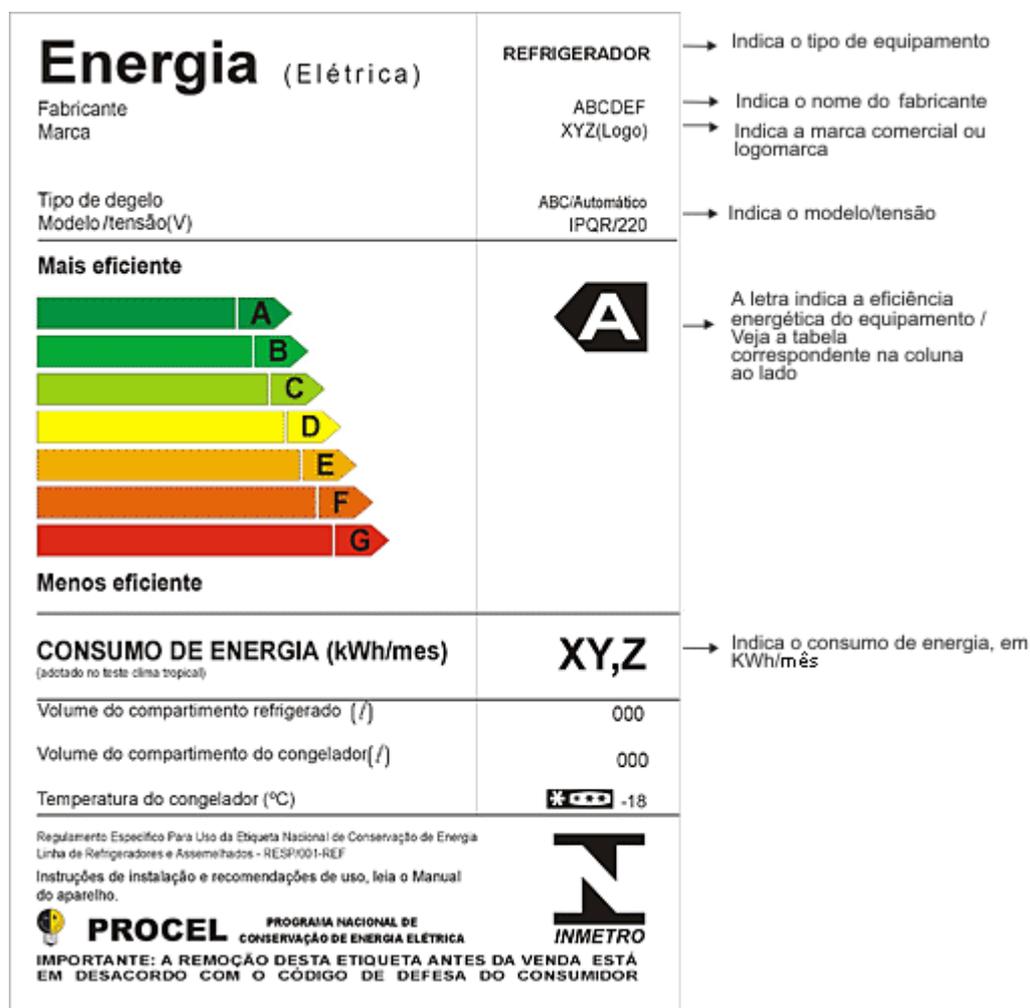


Figura 3: Etiqueta de eficiência energética em refrigerador (Inmetro, 2014).

3.1.2. Programa Nacional de Conservação de Energia – PROCEL

O Programa possui diversas linhas de atuação, que abrangem distintos segmentos de consumo de energia. Sua atuação é constituída por meio de subprogramas, dos quais apresentam ações de eficiência em indústria, prédios públicos, iluminação pública, em ambientes escolares, edificações, entre outros (Eletrobrás, 2014).

O PROCEL EDIFICA é o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações, contribui para a conservação dos recursos naturais, como por exemplo, água, luz e ventilação desde da fase de projeto nas edificações (Eletrobrás, 2014).

Este subprograma surgiu como forma de aproveitar o potencial de conservação de energia nas edificações, visto que o consumo desses ambientes corresponde a cerca de 45% do consumo faturado no país. O PROCEL EDIFICA estima que se for utilizada tecnologia de eficiência energética desde a fase inicial das edificações, a redução do consumo pode chegar a 50% e para as edificações que façam reformas utilizando medidas eficientes, a redução de consumo pode chegar a 30% (Eletrobrás, 2014).

4. REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS (RTQ-R)

O RTQ-R, publicado em 25 de novembro de 2010 pela Portaria 449 do Inmetro, consiste em um método de classificação, por meio de pré-requisitos, que gera uma pontuação quanto a eficiência energética da residência (LabEEE, 2014).

O nível de eficiência energética é determinado com base em parâmetros da envoltória⁸ e do sistema de aquecimento da edificação, relacionando-se com as zonas bioclimáticas e as regiões geográficas que estão contidas as unidades. Além disso, consegue-se aumentar o nível eficiência por meio de bonificações que apresentam pontuações extras para o incentivo de medidas mais eficientes (Inmetro, 2010).

Em função do nível de eficiência, é gerada ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) que identifica a classificação da edificação. Aquela que alcançar maior eficiência energética receberá a letra A no canto superior direito da etiqueta e a que tiver menor eficiência receberá a letra E, a (Fig.4) apresenta mais detalhes (Inmetro, 2010).

O RTQ-R possui um caráter voluntário, para que o mercado construtivo assimile gradativamente a metodologia de classificação e obtenção da etiqueta. No entanto, existe uma previsão de torná-lo obrigatório até 2031 (Eletrobrás *et al.*, 2013).

⁸ “Envoltória é o conjunto de planos que separam o ambiente interno do ambiente externo, tais como fachadas, empenas, cobertura, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem. Não estão incluídos pisos, estejam eles ou não em contato com o solo” (Inmetro, 2010).

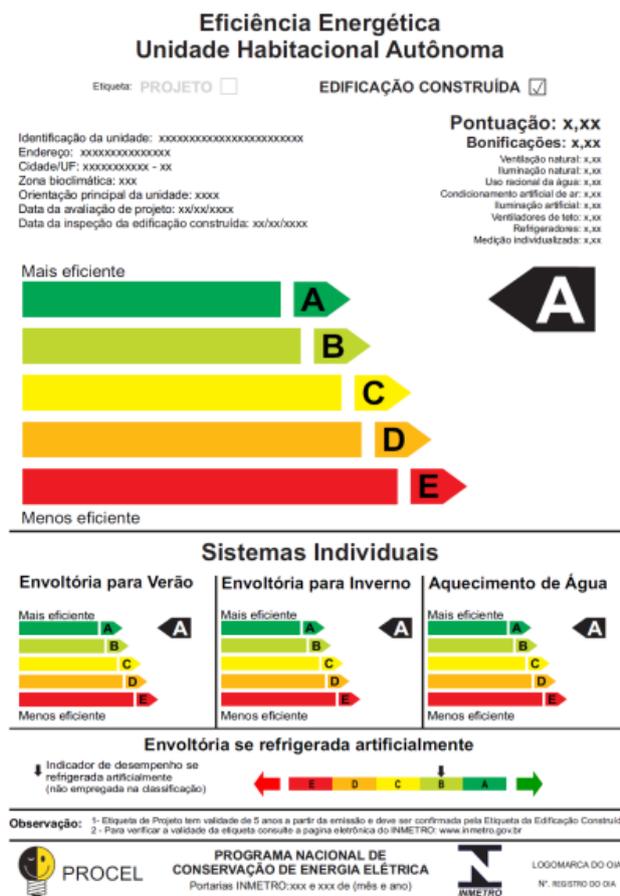


Figura 4: ENCE Unidade autônoma construída (LabEEE, 2014)

A solicitação da ENCE pode ser realizada por meio de duas etapas: na fase de projeto e no término da construção, após a expedição do Alvará de Conclusão ou quando tiver a ligação definitiva para fornecimento de energia da concessionária. As edificações avaliadas na fase de projeto devem submeter-se a uma nova avaliação no final da construção, para certificar que foi construída conforme projetada (Eletrobrás & LabEEE, 2014).

4.1. MÉTODO PRESCRITIVO PARA DETERMINAÇÃO DA PONTUAÇÃO DAS UNIDADES HABITACIONAIS AUTÔNOMAS (INMETRO, 2010).

O método prescritivo do RTQ-R em unidade habitacional autônoma⁹ considera como requisitos básicos a determinação do desempenho térmico da

⁹ Unidade habitacional autônoma consiste em um imóvel destinado à moradia e dotado de acesso independente, sendo constituído por, no mínimo, banheiro, dormitório, cozinha e sala, podendo estes três últimos ser conjugados. Corresponde a uma unidade de uma edificação multifamiliar por exemplo apartamento ou a uma edificação unifamiliar como uma casa (Eletrobrás & LabEEE, 2014).

envoltória, da eficiência dos sistemas de aquecimento de água e eventuais bonificações (Inmetro, 2010).

O nível de classificação é atribuído conforme a pontuação obtida pelo método prescritivo, no qual são utilizadas equações de acordo com a Zona Bioclimática que a edificação está inserida. A seguir, nas (Tab. 1) e na (Fig. 5), os níveis de classificação de eficiência (Inmetro, 2010).

Tabela 1: Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação (Inmetro, 2010)

Pontuação (PT)	Nível de Eficiência
$PT \geq 4,5$	A
$3,5 \leq PT < 4,5$	B
$2,5 \leq PT < 3,5$	C
$1,5 \leq PT < 2,5$	D
$PT < 1,5$	E



Figura 5: Níveis de eficiência (Inmetro, 2014).

O nível de eficiência de unidades habitacionais autônomas (UHs) é o resultado da distribuição dos pesos. Nela utilizam-se os coeficientes da (Tab. 2), conforme a região geográfica (Inmetro, 2010).

$$PT_{UH} = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAA] + Bonificações \quad (1)$$

Onde:

PT_{UH} : pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma;

a : coeficiente da (Tab. 2) adotado de acordo com a região geográfica (mapa político do Brasil) na qual a edificação está localizada;

$EqNumEnv$: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente;

$EqNumAA$: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

$Bonificações$: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação.

Tabela 2: Coeficientes de cada região geográfica (Inmetro, 2010).

Coeficiente	Região Geográfica				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
A	0,95	0,90	0,65	0,65	0,65

Nota: Nas regiões Norte e Nordeste quando houver um sistema de aquecimento de água projetado ou instalado, o coeficiente da (Tab. 2) deve ser alterado para o valor de 0,65.

4.1.1. Procedimento para determinação do desempenho térmico da envoltória

O desempenho térmico da envoltória da UH é determinado pelo seu equivalente numérico (EqNumEnv). Tal equivalente é estabelecido por meio das equações de regressão múltipla para UH e atendendo os pré-requisitos de transmitância térmica, capacidade térmica, absortância solar das paredes externas e coberturas de ambientes de permanência prolongada, de acordo com a Zona Bioclimática em que a edificação se localiza.

O equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv) para a Zona Bioclimática 4 é obtido por meio da Eq. (2).

$$EqNumEnv = 0,68 \times EqNumEnv_{Resfr} + 0,32 \times EqNumEnv_A \quad (2)$$

Onde:

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória da UH;

EqNumEnv_{Resfr}: equivalente numérico da envoltória da UH para resfriamento;

EqNumEnv_A: equivalente numérico da envoltória da UH para aquecimento.

4.1.2. Procedimento para determinação do equivalente numérico do sistema de aquecimento de água

O RTQ-R sugere que deve-se dar preferência a sistemas de aquecimento solar, a gás classificados pelo PBE e bombas de calor de alto coeficiente de performance que, uma vez dimensionados e instalados corretamente, podem suprir a totalidade ou grande parte da demanda de água quente em uma residência. Caso seja necessário combinar diferentes sistemas, o método permite combinação de sistemas de aquecimento de água distintos, sendo a classificação final obtida de acordo com suas demandas e respectivos níveis de eficiência (Inmetro, 2010).

Para os sistemas mistos de aquecimento de água, o nível de eficiência é a combinação das porcentagens de demanda de aquecimento de água de cada

sistema, multiplicado pelo seu respectivo equivalente numérico, de acordo com a Eq. (3).

$$EqNumAA = \% \cdot EqNumAA1 + \% \cdot EqNumAA + \dots \%EqNummAA_n \quad (3)$$

Onde:

EqNumAA: Equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

%: porcentagem da demanda atendida pelo referido sistema de aquecimento de água;

EqNumAA1: Equivalente numérico dos sistema de água 1, obtido dos sistemas de aquecimento a gás, bombas de calor, elétrico ou caldeira a óleo;

EqNumAA2: Equivalente numérico do sistema de aquecimento de água 2, obtido dos sistemas de aquecimento a gás, bombas de calor, elétrico ou caldeira a óleo.

EqNumAA_n: Equivalente numérico do sistema de aquecimento de água n, obtido dos sistemas de aquecimento a gás, bombas de calor, elétrico ou caldeira a óleo.

4.1.3. Procedimento para determinação das bonificações

Iniciativas que aumentem a eficiência da UH poderão receber até 1 (um) ponto na classificação geral da UH somando os pontos obtidos por meio das bonificações. Para tanto, estas iniciativas devem ser justificadas e comprovadas. As bonificações são independentes entre si e podem ser parcialmente alcançadas (Inmetro, 2010).

O valor total da bonificação é a somatória das bonificações obtidas por meio da ventilação natural, Iluminação natural, uso racional de água, condicionamento artificial de ar, iluminação artificial, ventiladores de teto, refrigeradores e medidores individuais, de acordo com a Eq. (4).

$$Bonificações = b1 + b2 + b3 + b4 + b5 + b6 + b7 + b8 \quad (4)$$

Onde:

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação;

b1: bonificação referente à ventilação natural, cuja pontuação varia de zero a 0,40 pontos;

b2: bonificação referente à iluminação natural, cuja pontuação varia de zero a 0,30 pontos;

b3: bonificação referente ao uso racional de água, cuja pontuação varia de zero a 0,20 pontos;

b4: bonificação referente ao condicionamento artificial de ar, cuja pontuação varia de zero a 0,20 pontos;

b5: bonificação referente à iluminação artificial, cuja pontuação varia de zero a 0,10 pontos;

b6: bonificação referente a ventiladores de teto instalados na UH, cuja pontuação obtida é zero ou 0,10 pontos;

b7: bonificação referente a refrigeradores instalados na UH, cuja pontuação obtida é zero ou 0,10 pontos;

b8: bonificação referente à medição individualizada, cuja pontuação obtida é zero ou 0,10 pontos.

5. SUSTENTABILIDADE E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

O movimento tecnológico que teve início a partir da Revolução Industrial apresentou uma profunda mudança com relação ao desenvolvimento econômico e meio ambiente, pois começava a expansão do capitalismo e em contrapartida a degradação à natureza. Nesse cenário, foram necessárias medidas que impedissem que essa exploração, muitas vezes exagerada, findassem os recursos que o planeta era capaz de assegurar. Assim, os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável foram sendo cada vez mais debatidos (Souza, 2008).

O desenvolvimento sustentável fundamenta-se em duas ideias consideradas opostas: desenvolvimento econômico e sustentabilidade. Entretanto, sua conceituação implica em um desenvolvimento que harmonize o crescimento econômico com inclusão social e conservação ambiental (Souza, 2008).

Em 1968, um grupo de profissionais de diversas partes do mundo, das áreas de diplomacia, indústria, academia e sociedade civil reuniram-se em Roma para discutir as suas preocupações com relação ao crescimento econômico e o consumo dos recursos naturais. Esta reunião, do chamado Clube de Roma, foi presidida pelo italiano industrialista Aurello Pecce e o cientista escocês Alexander King. As suas preocupações foram registradas em 1972 no primeiro relatório do Clube de Roma, “Os Limites do Crescimento”, e descrevia um número de situações para o futuro a longo prazo da humanidade e o planeta. Sugeriu, também, que mediante as medidas efetivas e a cooperação poderiam se reduzir as ameaças para o futuro (Roma, 2014).

Este documento foi discutido pela Organização das Nações Unidas (ONU), quando convocou a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano, em

Estocolmo, ainda em 1972. Uma das principais temáticas discutidas foi a necessidade de “inspirar e guiar os povos do mundo para a preservação e a melhoria do ambiente humano” (ONU, 2014).

Logo depois da Conferência, em dezembro de 1972, foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que coordena os trabalhos da ONU em nome do meio ambiente global. Suas prioridades atuais são os aspectos ambientais das catástrofes e conflitos, a gestão dos ecossistemas, a governança ambiental, as substâncias nocivas, a eficiência dos recursos e as mudanças climáticas (ONU, 2014).

Em abril de 1987, foi publicado pela Comissão Mundial da ONU sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), também conhecida como Comissão Brundtland, o relatório “Nosso Futuro Comum”, que traz o conceito de desenvolvimento sustentável para o discurso público, além de incluir fatores econômicos e sociais nas questões ambientais.

As amplas recomendações feitas pela Comissão neste relatório levaram à realização da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, no Rio de Janeiro em 1992. Nela foi criada a “Agenda 21”, que promove a proteção do nosso planeta e seu desenvolvimento sustentável, por meio de uma série de compromissos acordados por vários países que delinearão um programa de ação para afastar o mundo do atual modelo insustentável de crescimento econômico (ONU, 2014).

As áreas de ação da Agenda 21 incluem: proteger a atmosfera; combater o desmatamento, a perda de solo e a desertificação; prevenir a poluição da água e do ar; deter a destruição das populações de peixes e promover uma gestão segura dos resíduos tóxicos (ONU, 2014).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua resolução nº 001 de 23 de janeiro de 1986, define impacto ambiental como alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais.

A noção de sustentabilidade implica uma necessária inter-relação entre justiça social, qualidade de vida, equilíbrio ambiental e o desenvolvimento econômico. Contudo, problemas ambientais têm crescido substancialmente (Jacobi, 1999).

Assim, uma das soluções para a diminuição desses impactos se volta para a própria população em geral, quando se busca habitações que não agridam (ou agridam menos) o meio em que se vive e que sejam mais eficientes energeticamente. Essas habitações podem ser chamadas de edificações sustentáveis.

Os princípios nos quais as novas construções sustentáveis se apoiam são (Tum, 2010 apud Martín, 2011):

- Consideração de condições climáticas, hidrografia e o ecossistema em torno das construções de modo a se obter o máximo rendimento com o menor impacto;
- Equilíbrio no uso de materiais de construção, de maneira a se priorizar os de baixo conteúdo energético;
- Redução do consumo de energia em seus mais diversos usos, como para calefação, refrigeração, iluminação e outros equipamentos, enquanto o resto da demanda é coberto com fontes de energia renováveis;
- Minimização do balanço energético global da edificação;
- Cumprimento de requisitos de conforto térmico, salubridade, iluminação e habitabilidade das edificações.

A arquitetura ecológica, além de diminuir os impactos na natureza, deve também resultar em uma atmosfera positiva no meio ambiente. Com isso, uma construção sustentável torna-se elemento gerador de benefícios ao meio (Yeang, 1999 apud Martín, 2011).

5.1. NORMAS DE CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

As normas de certificações ambientais são ferramentas que auxiliam na avaliação da sustentabilidade de projetos em edificações. Elas possuem um caráter voluntário e contribuem como instrumento de mercado para demonstrar a responsabilidade ambiental e social aos clientes.

5.1.1. LEED

O LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design* ou Energia e Design Ambiental) desenvolvido pelo USGBC (Green Building council dos EUA) é

uma norma voluntária de desempenho ambiental que avalia critérios ambientais na construção e na manutenção de edificações (GBC, 2014).

A utilização dessa certificação contribui para diminuição de carbono e proporciona produtos mais sustentáveis, no âmbito da construção civil. O sistema utiliza a comparação entre uma edificação e outra, por meio de critérios que variam de 1-110. Este método possui quatro níveis de certificação com sua respectiva pontuação, sendo: *Certified* 40-49 créditos, *Silver* 50-59 créditos, *Gold* 60-79 créditos e *Platinum* 80 + créditos (GBC, 2014).

5.1.2. SAM

O SAM (*Sustainability Assessment Model* ou modelo de Avaliação de Sustentabilidade) é um sistema que consiste em avaliar um projeto ao longo do todo seu ciclo de vida. Ele foi desenvolvido inicialmente no Reino Unido, e possui quatro grupos de atuação na área social, ambiental, econômica e disponibilidade de recursos da organização ou setor industrial, também aborda as opções de remediação e de restauração¹⁰.

5.1.3. BREEAM

O BREEAM é uma Norma de desempenho ambiental desenvolvida pela BRE (*Building Research Establishment*) na Inglaterra em 1992. Essa norma possui critérios com sistema de pontuação para a concepção, construção e gestão de edificações. Com base em categorias relacionadas a gerenciamento, energia, água, saúde e bem-estar, poluição, transporte, materiais, resíduos, ecologia e processos de gestão¹¹.

5.1.4. Casa Azul Caixa

O Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal está voltado para residências financiadas pela CAIXA e permite a classificação socioambiental dessas unidades de forma a adotar medidas eficientes na construção civil, incentivando o uso racional

10 Disponível em: www.inchferry.co.uk/AlgerianSAM270404FINAL.DOC.

11 Disponível em: <http://www.breem.org>

dos recursos ambientais e aprimorando as condições de habitação. A adesão desse Selo ainda é de cunho voluntário¹².

5.1.5. SUSTENTAX

O grupo Sustentax desenvolveu um sistema de certificação em 2008, que permite a garantia da qualidade e sustentabilidade de produtos e serviços na construção civil. Ele acompanha todas as etapas do projeto: a seleção dos materiais, práticas que geram a economia, medidas que evitam desperdício e otimize a produtividade. Esse sistema possui a adesão de diversas empresas brasileiras¹³.

5.1.6. ABNT NBR ISO 14000

A Família de Normas ISO 14000 foi divulgada internacionalmente em 1996 pela International Organization for Standardization (Organização Internacional para Padronização), ela estabelece um sistema de gestão ambiental em organizações, que controlam os impactos causados ao meio ambiente. Ela possui uma série de normas, com diretrizes:

- ABNT NBR ISO 14001 especifica os requisitos relativos a um sistema da gestão ambiental, permitindo a uma organização desenvolver e implementar políticas ambientais que estabeleçam, implementem e aprimorem tal sistema, assegurando a conformidade com sua política ambiental definida e buscando certificação por uma organização externa (ABNT, 2004).
- ABNT NBR ISO 14040 estabelece a Avaliação do Ciclo de Vida para que ocorra a diminuição dos impactos ambientais associados aos produtos e manufaturas. Aplica estudos ao longo de toda a vida útil de um produto, desde a aquisição da matéria-prima, passando pela produção, uso e descarte e considera categorias que incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas. Seguindo essa temática, existe a ABNT NBR 14044 que trata de requisitos e orientações da Avaliação do Ciclo de Vida (ABNT, 2009).

12 Disponível em: http://www14.caixa.gov.br/portal/rse/home/produtos_servicos/selo_casa_azul

13 Disponível em: <http://gruposustentax.com.br/historia.html>

- ABNT NBR ISO 14025 consiste na rotulação de produtos que contenham informações sobre aspectos ambientais. O rótulo do Tipo III tem uma abordagem quantitativa de acordo com parâmetros que consideram o ciclo de vida da mercadoria (ABNT, 2000).

5.1.7. ABNT NBR 15220

Esta norma estabelece as definições e critérios relacionados com o desempenho térmico das edificações. Ela está dividida em cinco partes (ABNT, 2003):

- 1 - Definições, símbolos e unidades;
- 2 - Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações;
- 3 – Zoneamento Bioclimático brasileiro, que divide o território em oito zonas relativamente homogêneas e permite um conjunto de recomendações e estratégias construtivas, destinadas às habitações unifamiliares de interesse social;
- 4 - Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida
- 5 - Medição da resistência térmica e da condutividade pelo método fluximétrico (ABNT, 2003).

6. ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma casa do Programa Minha Casa Minha Vida, localizada no condomínio residencial Serra da Canastra, Rua Amazonas, quadra 03, chácara 12, Anhaguera C - Valparaíso de Goiás. Este condomínio possui 26 casas do mesmo padrão, sendo treze de cada lado do terreno, sem áreas de uso comum (Fig. 6). O estudo foi realizado na casa 23, é aplicável às demais residências.



Figura 6: Disposição das casas no condomínio Serra da Canastra (Autor, 2014).

A casa analisada possui uma área de 53,18 m² com pé direito de 2,50 m, um pavimento, dois quartos, uma sala, um banheiro, uma cozinha, uma área de serviço e uma varanda. A fachada frontal está voltada para o lado leste (Fig. 7). A planta baixa da casa pode ser verificada na (Fig. 8).



Figura 7: Fachada leste da casa analisada (Autor, 2014).

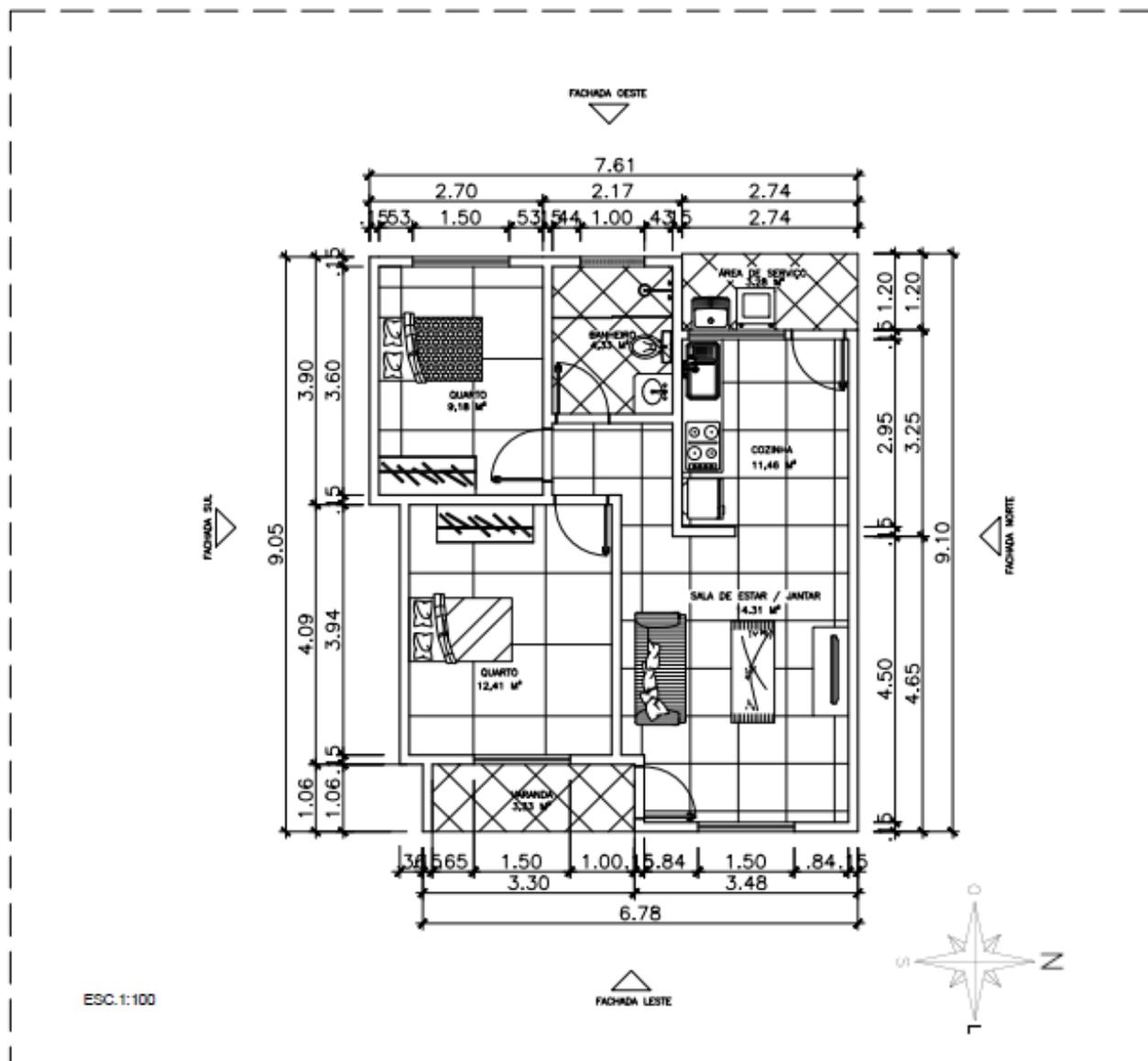


Figura 8: Planta baixa da casa analisada (Autor, 2014).

6.1. METODOLOGIA

Este trabalho usou o método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível Eficiência Energética (RTQ-R) com o propósito de verificar o nível de eficiência da casa analisada. Para a base de cálculos, utilizou-se a “*planilha de cálculo de desempenho da unidade habitacional (UH)*”¹⁴ desenvolvida pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações (CB3E). A identificação da zona bioclimática¹⁵ foi feita no *software* ZBBR 1.1 do LabEEE, também teve uma consulta ao manual: *Diretrizes para obtenção de classificação nível A para*

¹⁴ Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>.

¹⁵ “Zona bioclimática é a região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano” (NBR 15220-3, 2003).

edificações residenciais para Zona Bioclimática 4, que contém os parâmetros necessários para elevar o nível de eficiência energética da residência.

Inicialmente, foi feita uma coleta de dados na casa, para obtenção da área dos cômodos, dos materiais utilizados na construção e dos demais requisitos indispensáveis para o preenchimento da planilha UH. Logo após, utilizou-se a planilha eletrônica para o cálculo e obtenção do nível de eficiência do estudo de caso.

Esta planilha eletrônica possui seis abas que correspondem: envoltória, pré-requisito dos ambientes, peso das variáveis, pré-requisitos da UH, bonificações, aquecimento de água e pontuação total.

A primeira aba da planilha corresponde às condições da envoltória e dos pré-requisitos de cada ambiente de permanência prolongada a sala e os quartos da unidade habitacional.

A tabela inserida na primeira aba possui 4 colunas, sendo as Colunas B, C, D e E. A Coluna B contém o requisito a ser analisado, por exemplo, a cobertura; a Coluna C possui a variável, como transmitância térmica da cobertura; a Coluna E deverá ser preenchida com os dados obtidos da casa analisada.

Após o preenchimento dos dados, os indicadores de desempenho da envoltória do ambiente são mostrados nas linhas 40 a 45 (avaliação antes da análise dos pré-requisitos dos ambientes) e 119 a 125 (pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente).

A segunda aba não precisa ser preenchida, pois está apenas como caráter informativo. As demais abas seguem o mesmo padrão. Assim, apenas as células de cor branca devem ser preenchidas. Os valores que estão nas células cinza são resultados dos cálculos da planilha. A classificação final da UH será obtida na última aba, célula E29 e a pontuação total na célula E30.

Após obtida a pontuação da edificação, analisaram-se os parâmetros do manual: *“Diretrizes para obtenção de classificação nível A para edificações residenciais para Zona Bioclimática 4”*, a fim de averiguar os melhores parâmetros que podem ser utilizados para o aumento do nível de eficiência, e que melhor se adequem ao orçamento de uma edificação popular. Logo após, esses novos parâmetros foram inseridos na *“planilha de cálculo de desempenho da unidade habitacional (UH)”* para obtenção de uma nova pontuação.

6.2. RESULTADOS

A cidade de Valparaíso de Goiás está localizada na Zona bioclimática 4 (Fig. 9). Essa informação foi utilizada para cálculo dos parâmetros da edificação.

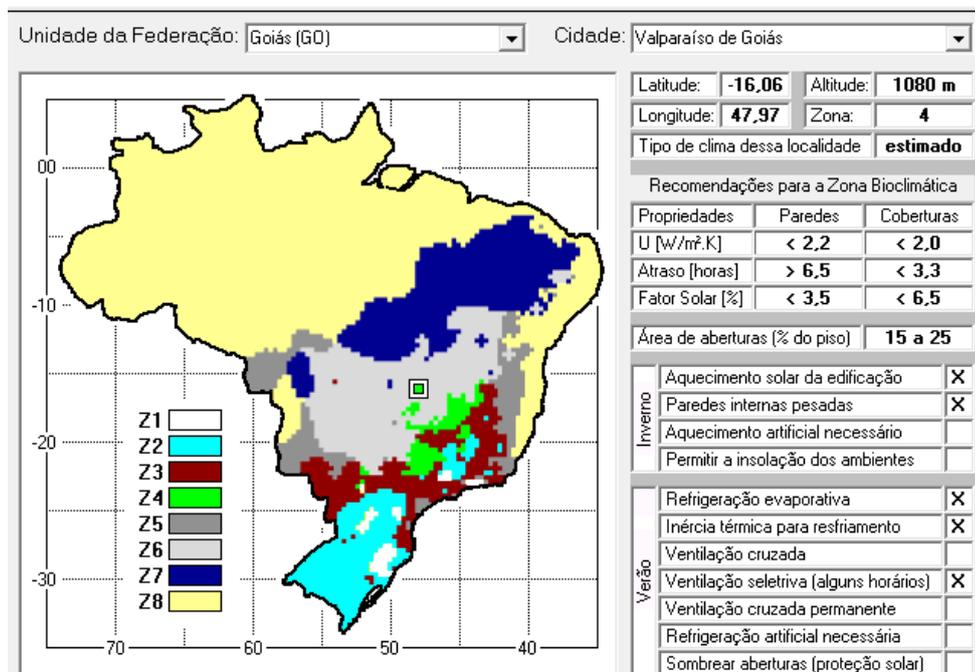


Figura 9: Zona Bioclimática da cidade Valparaíso de Goiás (LabEEE, 2005)

6.2.1. Nível D de Eficiência Energética

Os requisitos encontrados na casa analisada utilizados para a obtenção do nível de eficiência energético foram:

- A fachada externa da casa possui pintura na cor azul que tem uma absorvância¹⁶ $\alpha = 0,51$ (Brown & DeKay, 2001);
- A transmitância térmica das paredes $U_{par} = 2,46 \text{ W/m}^2.\text{K}$ e a capacidade térmica $C_T = 150 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$, dos materiais da (Fig. 10);

¹⁶ Absortância à radiação solar (α): Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (NBR 15220-1, 2003).

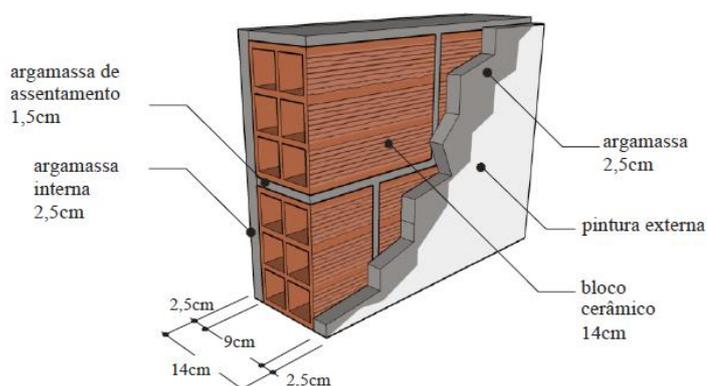


Figura 10: Materiais que constituem as paredes da casa (LabEEE, 2011).

- A transmitância térmica da cobertura possui $U_{par} = 1,75 \text{ W/m}^2.K$ e a capacidade térmica $C_T = 21 \text{ kJ/m}^2.K$, dos componentes da (Fig. 11) ;

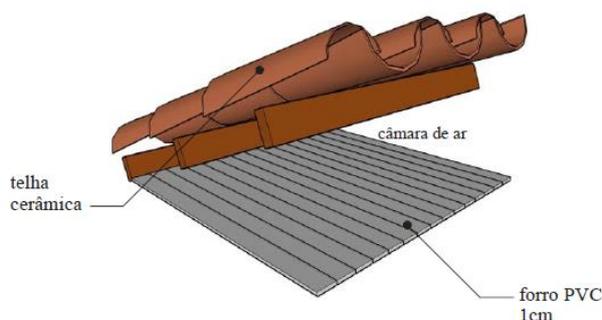


Figura 11: Cobertura da casa analisada (LabEEE, 2011).

- As janelas dos ambientes de permanência prolongada possuem área de $1,5 \times 1 \text{ m}^2$, com quatro folhas, sendo duas móveis e duas fixas, como mostrado na (Fig.12);



Figura 12: Janela da casa analisada (Autor, 2014).

A classificação final da casa popular pode ser vista pela (Tabela 3). Para mais informações sobre os dados utilizados para a obtenção dessa pontuação, podem ser encontradas no Anexo I.

Tabela 3: Classificação nível D da casa analisada.

Pontuação Total	Identificação	Caso Exemplo
	Envoltória para Verão	C 3,00
	Envoltória para Inverno	C 3,00
	Aquecimento de Água	E 1,00
	Equivalente numérico da envoltória	C 3,00
	Envoltória se refrigerada artificialmente	C 3,00
	Bonificações	0,16
	Região	Centro-Oeste
	Coefficiente a	0,65
	Classificação final da UH	
Pontuação Total		2,46

6.2.2. Nível C de Eficiência Energética

Para a elevação do nível de eficiência do D para o C foram sugeridas algumas alterações, que serão descritas a seguir:

- Pintura na fachada externa da casa na cor branca, pois a absorvância solar é 0,20 (Inmetro, 2010);
- A cobertura (Fig.13) continuará com a telha cerâmica, mas o forro será substituído por uma camada de 5 cm de lã de vidro em cima do forro de madeira, proporcionando uma transmitância térmica $U_{par} = 0,62 \text{ W/m}^2.\text{K}$ e a capacidade térmica $C_T = 34 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$ (NBR 15220-3, 2003);

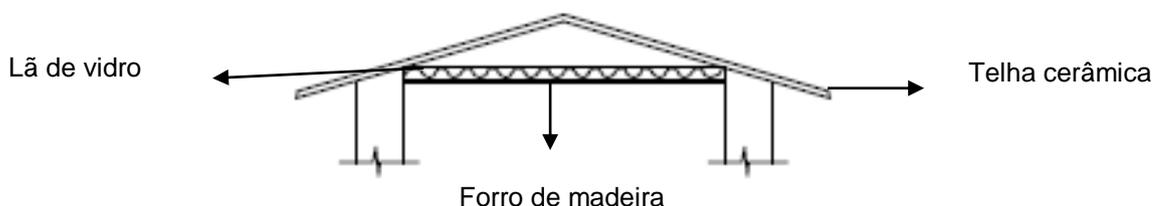


Figura 13: Cobertura da casa (NBR 15220-3, 2003).

- As janelas dos ambientes de permanência prolongada devem possuir área de $2 \times 1 \text{ m}^2$, com quatro folhas, sendo duas móveis e duas fixas, toda em vidro, de acordo com a (Fig.14);

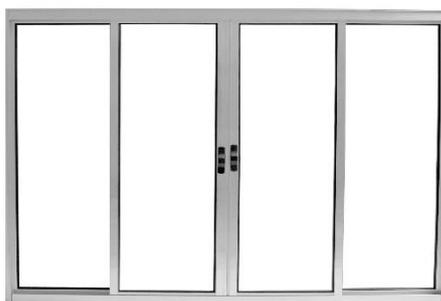


Figura 14: Exemplo de janela toda em vidro¹⁷

A classificação final da casa com essas medidas estão na (Tab. 4). As informações sobre os dados utilizados para na aquisição dessa pontuação, podem ser encontradas no Anexo II.

Tabela 4: Classificação nível C da casa analisada.

Pontuação Total	Identificação	Caso Exemplo
	Envoltória para Verão	B 3,76
	Envoltória para Inverno	B 4,00
	Aquecimento de Água	E 1,00
	Equivalente numérico da envoltória	B 3,84
	Envoltória se refrigerada artificialmente	A 5,00
	Bonificações	0,16
	Região	Centro-Oeste
	Coefficiente a	0,65
	Classificação final da UH	C
Pontuação Total	3,00	

6.2.3. Nível B de Eficiência Energética

Para a obtenção desse nível de eficiência foram utilizados as mesmas ações listadas no item 6.2.2, com mais alguns critérios descritos abaixo:

- Sombreamento fixo nas janelas dos dois quartos e na sala, constituídos por uma estrutura em eucalipto e bambu, com uma cobertura vegetal

¹⁷ Disponível em: <http://www.madeiramadeira.com.br/janela-de-aluminio/janela-ebel-em-aluminio-4-folhas-sem-bandeira-1-00mx1-20mx5-5cm-brilhante-com-vidro-liso-incolor-sem-grade-1-00m-x-1-20m-16604.html>

de trepadeiras, como no caso da Casa Eficiente de Santa Catarina (Fig. 15).



Figura 15: Dispositivo de sombreamento na Casa Eficiente (LabEEE, 2010).

- Mecanismo de aproveitamento de água de chuva (Fig.16) para fins não potáveis¹⁸, com o uso de minicisterna de 200 litros, torneiras, válvulas, calhas e tubos de PVC;

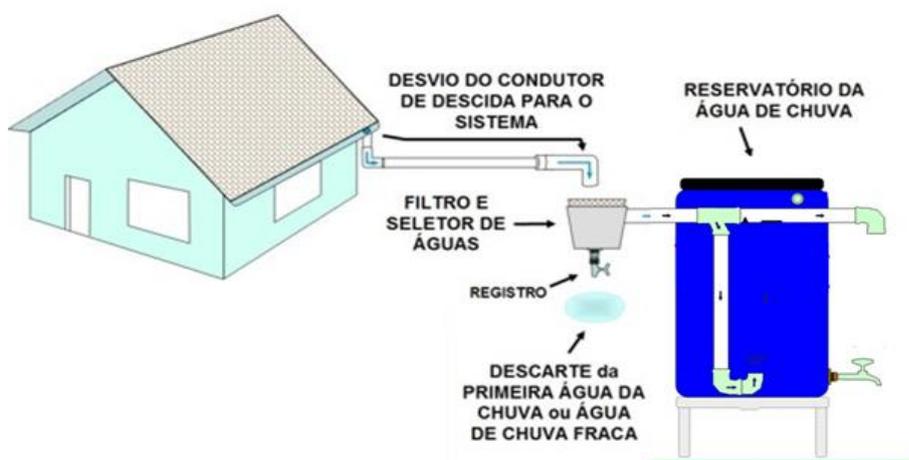


Figura 16: Aproveitamento de água da chuva com minicisterna¹⁸

- Iluminação artificial (Fig.17) em todos os ambientes com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel;

¹⁸ Sistema desenvolvido pelo Edison Urbano e consiste em um projeto de baixo custo. Para maiores informações sobre a montagem do sistema de aproveitamento de água com minicisterna, estão disponíveis em: <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/minicisterna.htm>



Figura 17: Exemplo de lâmpadas com Selo Procel¹⁹

- Refrigeradores com ENCE nível A ou Selo Procel (Fig. 18), utilizando instalações adequadas conforme recomendações do fabricante;



Figura 18: Exemplo de refrigeradores com Selo Procel²⁰

- Coletores solares para aquecimento de água (Fig.19), instalados conforme especificações do manual de instalação, com classificação A do Inmetro, o reservatório de água quente com capacidade de 200 litros e um coletor possuindo área de 2 m² e inclinação de 26°, sendo a latitude de Valparaíso igual a 16° mais 10° (CB3E, 2012).

¹⁹ Disponível em: <http://www.foxlux.com.br/site/noticias/foxlux-apresenta-sua-linha-de-lampadas-compactas/>

²⁰ Disponível em: <http://www.jornalrioclaro.com.br/conteudo/familias-de-rio-claro-recebem-refrigeradores-nesse-sabado13>



Figura 19: Sistema de aquecimento de água com coletores solares da empresa Heliotek²¹

A classificação final da casa com essas medidas eficientes podem ser encontradas na (Tab. 5). Informações a respeito dos dados utilizados para a obtenção dessa pontuação, estão no Anexo III.

Tabela 5: Classificação nível B da casa analisada

Pontuação Total	Identificação	Caso Exemplo
	Envoltória para Verão	A 5,00
	Envoltória para Inverno	B 4,00
	Aquecimento de Água	C 2,50
	Equivalente numérico da envoltória	A 4,68
	Envoltória se refrigerada artificialmente	A 5,00
	Bonificações	0,46
	Região	Centro-Oeste
	Coefficiente a	0,65
	Classificação final da UH	
Pontuação Total		4,38

²¹ Disponível em: <http://www.heliotek.com.br/Cases/Projetos-para-Habitacoes-de-Interesse-Social/>

6.3. ESTIMATIVA DE ORÇAMENTO DAS AÇÕES EFICIENTES

As medidas sugeridas para aumentar o nível de eficiência energética tiveram a preocupação de ser viável, tanto para as construtoras como para os usuários que tenham interesse em implementar na sua residência. Assim, os orçamentos dos materiais encontrados nas (Tab. 6) e (Tab.7) foram realizados nas empresas: AC Coelho, Leroy Merlin e Jovelino madeiras em bitolas especiais.

Tabela 6: Orçamento para sistema de aproveitamento de água (Fonte: AC Coelho).

Quantidade	Diversos	Valor unitário (R\$)	Total (R\$)
1	Adaptador para válvula de tanque de 1 1/4" x 40mm (branco)	24,60	24,60
1	Adaptador soldável com anel para caixa d'água 20 mm (flange)	6,80	6,80
5	Anel de borracha de 75mm linha esgoto	1,10	5,50
1	Bucha de redução de rosca 1.1/4" x 1" (branco)	7,96	7,96
1	Cap de 40 mm (branco)	1,53	1,53
1	Cap de 75 mm (branco)	4,20	4,20
1	Joelho 90° soldável e com rosca 20 mm x 1/2" (marrom)	1,20	1,20
1	Joelho de 45° de 75 mm (linha esgoto - branco)	5,08	5,08
3	Joelho de 90° de 75 mm (linha esgoto - branco)	4,36	13,08
1	Luva soldável e com rosca 20 mm x 1/2" (marrom) (depende da instalação)	3,57	3,57
1	Plug de 50 mm (branco) (tampinha para jogar cloro)	1,28	1,28
2	Tê de 75 mm (linha esgoto)	9,45	18,90
1	Tubo de 20 mm (linha água fria - marrom) (só vai precisar de um pedacinho)	1,90	1,90
2	Tubo de 75 mm x 3m (linha esgoto)	23,35	46,70
1	Adesivo plástico para PVC 17gr	1,70	1,70
1	Água raz 900 ml	11,10	11,10
1	Bombona de 200 litros com tampa grande	50,00	50,00
1	Durepox (pequeno) Pulvipox 100gr	5,70	5,70
1	Estopa ou retalhos de panos para limpeza 150 g	1,60	1,60
1	Fita veda rosca 18 mm x 10m Tigre	2,15	2,15
1	Lixa 80	1,74	1,74
1	Lixa 120	1,75	1,75
1	Tela mosquiteiro com proteção UV.	2,90	2,90
1	Torneira para tanque 1/2"	61,30	61,30
1	Torneira para tanque 1/2" com cadeado (para lugar público ou com criança)	10,20	10,20
		Total (R\$)	292,46

Tabela 7: Orçamento do sistema de eficiência energética.

Qtd	Diversos	Valor unitário (R\$)	Total (R\$)
1	Tinta Premium Luxens - branca 18 litros ²²	189,90	189,90
6	Forro de madeira cedrinho para (48 m ²) ²³	2.203,20	2.203,20
60	Lã de vidro (20mm X 60cm X 1,35m) para (48 m ²) ²⁴	11,17	670,20
3	Janelas toda em vidro de 2x1 m ² (Fonte: Ac Coelho)	280,00	840,00
	Sistema de aquecimento solar 200 l (Fonte: Heliotek)	1400,00	1400,00
	Aproveitamento de água da chuva (Fonte: AC Coelho)	292,46	292,46
		Total (R\$)	5595,76

Essa casa popular custou R\$ 95.0000,00 e o custo para implementar as medidas eficientes foi de R\$ 5.595,76, corresponde a um aumento de 6% no valor da casa.

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A residência utilizada como objeto de estudo foi considerada padrão com as demais unidades do Programa Minha Casa Minha Vida, sendo então o resultado estendido as unidades em âmbito nacional.

Essa residência mostrou uma eficiência nível D, segundo os critérios do RTQ-R. Essa eficiência é considerada baixa, uma vez que os usuários não se sentem confortáveis em suas residências, o que implica em maior dispêndio de energia, na busca de maior conforto.

Para que a residência obtenha o maior grau de eficiência possível, foram propostas algumas mudanças. O maior nível que esta casa pode alcançar é de nível B, já que o nível A pode ser alcançado apenas com automação, não se aplicando a uma casa de baixa renda, devido à elevação dos custos.

O manual “*Diretrizes para obtenção de classificação nível A para edificações residenciais para Zona Bioclimática 4*” do CB3E foi utilizado como base para a tomada de decisão das medidas propostas na residência em estudo.

As medidas propostas levam em consideração a melhoria do conforto térmico, o uso racional de água e o menor consumo de energia elétrica, sem restringir o

²² Leroy Merlin - SMAS trecho 3 lote 5 Brasília-DF

²³ Jovelino madeiras em bitolas especiais – QI lote 260 Setor Industrial Gama/DF

²⁴ Disponível em: <http://www.madeiramadeira.com.br/forro-de-la-de-vidro/forro-em-la-de-vidro-isover-optima-forro-20mm-x-60cm-x-1-35m-m2-20mm-x-60cm-x-1-35m-16172.html>

usuário de suas ações cotidianas. Visando a um melhor conforto térmico algumas medidas foram levantadas:

A mudança na cor da fachada externa de azul para branco foi escolhida, pois o branco é a cor que apresenta menor absorção solar, isso implica em uma menor taxa de transferência de calor para o interior da residência.

A mudança de forro PVC para um forro de madeira com uma camada de lã de vidro deve-se pelo fato da diminuição da transmitância térmica, o que está de acordo com o parâmetro estabelecido pelo manual que utiliza transmitâncias inferiores a $1,50 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para o aumento de nível de eficiência. E, segundo a norma ABNT NBR 15220-3, a cobertura da residência de telha de barro, ajuda na absorção da água da chuva pela sua propriedade de ser porosa, acarretando em uma redução no fluxo de calor no interior da casa.

A substituição de janelas que sejam toda em vidro e o aumento de sua área, permite que a casa tenha mais iluminação natural, retardando o uso de iluminação artificial. Também favorece a ventilação cruzada, proporcionando a casa maior circulação de ar e com isso, o usuário não sente a necessidade de utilizar mecanismos artificiais. Essa modificação está de acordo com o percentual mínimo de ventilação para zona bioclimática 4 segundo o RTQ-R, no qual estabelece que relação entre área mínima para ventilação em relação à área útil seja superior a 8%, da mesma forma, atende o percentual de 12,5% da iluminação natural.

O regulamento sugere que todos os ambientes de permanência prolongada, no caso a sala e os dois dormitórios, tenham sombreamentos nas aberturas. Por isso se propôs o sombreamento com eucalipto, bambu e trepadeiras, que além de exercer essa função, apresenta um potencial de amenizar as temperaturas.

O uso de aproveitamento de água, além de ser uma bonificação que eleva o grau de eficiência energética da casa, permite ao usuário uma redução no consumo de água. Além do mais, o mecanismo proposto possui um baixo custo e pode ser implementado por qualquer classe social.

A substituição da iluminação por lâmpadas que possuem Selo Procel, por serem mais eficientes, permitem uma diminuição no consumo de energia. Do mesmo modo, a substituição por refrigeradores que tenham Selo do Procel faz com que o desempenho se mantenha, com um consumo energético menor.

A utilização de aquecimento solar contribui para uma diminuição significativa do consumo de energia, visto que o chuveiro elétrico é um dos maiores consumidores de energia no setor residencial.

Caso o Programa Minha Casa Minha Vida venha implementar as medidas eficientes, irá gastar um percentual de 6% na construção, como são várias residências esse custo pode ser ainda reduzido, pois em grande quantidade tem a possibilidade de redução na compra dos materiais.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho apresentou o resultado da avaliação da eficiência energética em uma residência unifamiliar do Programa Minha Casa Minha Vida, localizada na cidade de Valparaíso de Goiás, aplicando o método prescritivo RTQ-R. Os cálculos foram realizados pela *planilha de cálculo de desempenho da unidade habitacional*, desenvolvida pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética de Edificações (CB3E).

Por meio da pontuação final do estudo de caso, constatou-se que as residências que apresentam o mesmo padrão da unidade analisada possuem um baixo nível de eficiência energética. Como existe um aumento crescente nos programas habitacionais voltado para as pessoas com menor poder aquisitivo, isso implica em maior geração de energia elétrica para atender essa demanda.

Diante disso, o investimento em eficiência energética se torna uma alternativa vantajosa quando comparado à produção de energia, tendo em vista que é mais barato economizar energia do que produzir, como foi relato por Lamberts *et al.* (2014). Além de contribuir com um menor dispêndio de energia, proporciona ao usuário um melhor conforto ambiental no interior de sua residência.

As medidas eficientes propostas pelo trabalho levaram a um aumento expressivo na eficiência da residência, passando de uma pontuação de 2,46 para uma de pontuação de 4,38; sendo 5 a nota máxima. O custo para obter tal resultado, corresponde apenas 6 % de custo adicional ao valor da casa.

Esse trabalho constatou a aplicabilidade do RTQ-R e verificou que se forem incorporados requisitos ambientais no regulamento, proporcionará maior abrangência na eficiência energética da edificação.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se uma residência popular pelo método de simulação, uma vez que esse utilizou o método prescritivo, e posteriormente, fazer a comparação dos dados obtidos pelos dois métodos.

Também seria interessante sugerir a incorporação de requisitos no RTQ-R como tratamento dos resíduos sólidos antes de cair na rede de esgoto, paisagismo nas unidades habitacionais com árvores nativas da região, produção de energia fotovoltaica e solar, reutilização ou a reciclagem de entulhos decorrentes da construção civil.

Por fim, sugere-se a criação de um laboratório de eficiência energética na Universidade de Brasília - Campus Gama, para que os alunos possam consolidar seus conhecimentos com a prática. E a construção de uma casa eficiência, para ser uma vitrine tecnológica e disseminar conceitos de eficiência energética na comunidade.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **ABNT NBR ISO 14001: Sistemas da gestão ambiental - requisitos com orientações para uso**. Rio de Janeiro, 2004.
- _____. **ABNT NBR ISO 14040: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. **ABNT NBR ISO 14044: Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações**. Rio de Janeiro, 2009.
- _____. **ABNT NBR ISO 14025: Rotulagem ambiental Tipo III**. Rio de Janeiro, 2000.
- ANEEL. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Disponível em:
http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf. Acesso em: 07 de setembro de 2014
- BEN - Balanço Energético Nacional. **Relatório final**. Ano base 2009 EPE. Rio de Janeiro, 2010.
- BROWN, C., & DEKAY, M. **Sol, Vento e Luz estratégias para o projeto de arquitetura**. 2º, 241. Bookman, 2001.
- CB3E. **Diretrizes para obtenção de classificação nível A para edificações residenciais para Zona Bioclimática 4**. Portaria n °18, Versão 1, 2012.
- CMMAD. **Relatório Brundtland, "Nosso Futuro Comum"**. Disponível em:
<http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>, Acesso: 14 de outubro de 2014.
- ELETROBRÁS . **PROCEL EDIFICA**. Disponível em:
<http://www.eletronbras.com/elb/procel/main.asp?TeamID={A8468F2A-5813-4D4B-953A-1F2A5DAC9B55}>. Acesso em: 10 de setembro de 2014.
- ELETROBRÁS. **Impactos ambientais**. Disponível em:
<http://www.eletronbras.com/elb/main.asp?TeamID=%7BB3AA0142-B1FE-4AAD-AB15-E8426471B739%7D>. Acesso em: 06 de setembro de 2014.
- ELETROBRÁS; LabEEE. **Manual RTQ-R**. Disponível em:
<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/manuais>. Acesso em: 17 de outubro de 2014
- ELETROBRÁS; INMETRO; CB3E. **Cartilha para o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações** . Rio de Janeiro, 2013.
- ELETROSUL. **Casa Eficiente**. Disponível em:
<http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/index.php>. Acesso em: 06 de setembro de 2014.

- GBC. **Certificação LEED**. Disponível em: <http://www.gbcbrazil.org.br/>. Acesso em: 25 de outubro de 2014.
- GREENPEACE. **Revolução Energética: A caminho do desenvolvimento limpo**. Brasil, agosto 2013.
- INMETRO. **Regulamento técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais**. Portaria nº 449. Rio de Janeiro, 25 de novembro de 2010.
- INMETRO. **Etiquetas de eficiência energética**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/etiquetas.asp>. Acesso em: 10 de setembro de 2014.
- INMETRO. **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Disponível em: http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php. Acesso em: 10 de setembro de 2014.
- JACOBI, P. R. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**. CEPAM. São Paulo, 1999.
- LabEEE. **Zoneamento Bioclimático do Brasil**. Classificação bioclimática das sedes dos municípios brasileiros e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, conforme a ABNT NBR 15220-3. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/zbbbr>. Acesso em: 18 de outubro de 2014.
- LabEEE. **Casa Eficiente**. Bioclimatologia e desempenho térmico, Consumo e geração de energia e Uso racional da água. Florianópolis, UFSC/LabEEE, 2010.
- LabEEE. **Catálogo de Propriedades Térmicas de Parede e Coberturas**. Material apresentado pelo Laboratório de Eficiência Energética em edificações. Santa Catarina, UFSC/LabEEE 2011.
- LabEEE. **Edificações residenciais**. Disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/antigo/eletrobras/etiquetagem/edificios_residencias.php. Acesso em 18 de setembro de 2014.
- LabEEE. **ENCE de Projeto da Unidade Habitacional Autônoma**. disponível em: http://www.labeee.ufsc.br/antigo/eletrobras/etiquetagem/ences_residencial.php. Acesso em: 17 de outubro de 2014.
- LAMBERTS, R., DUTRA, L., PEREIRA, F. O. **Eficiência energética na arquitetura. 3ª edição**, 5. Rio de Janeiro, 2014.
- LAMBERTS, R., GHISI, E., PEREIRA, C. D., BATISTA, J. **O Consumo e geração de energia**. Florianópolis, LabEEE/UFSC, 2010.
- ONU. **Declaração da Conferência da ONU sobre o Ambiente Humano**. Disponível em: <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=97&ArticleID=1503&l=en>. Acesso 23 de outubro de 2014

PAC. **Programa Minha Casa Minha Vida**. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/minha-casa-minha-vida>. Acesso em 07 de setembro de 2014.

PROCEL. **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações**. Elaborado pela Eletrobras, Procel Edifica, Inmetro e CB3E/UFSC. Rio de Janeiro, setembro de 2013.

MARTÍN, B. P. **Comparação de consumo energético em edifícios sustentáveis**. Joiville, Santa Catarina, 2011

MME. **Plano Nacional de Eficiência Energética- premissas e diretrizes básicas**. Ministério de Minas e Energia, 2011.

ROMA, C. D. **Clube de Roma**. Disponível em: <http://www.clubefrome.org/?p=4764>. Acesso em: 22 de outubro de 2014

SEPLAN. **Especificações mínima do Projeto Minha Casa Minha Vida**. Disponível em: http://www.seplan.ro.gov.br/Uploads/Arquivos/PDF/PAC%20II/Habitacao/Especificacoes_Minimas-PMCMV_Oferta_Publica.pdf. Acesso em: 07 de setembro de 2014.

SOARES, G. A. **Construção Sustentável, Eficiência Energética**. Disponível em: <http://www.ecoterrabrasil.com.br/home/index.php?pg=ecoentrevistas&tipo=temas&cd=892>. Acesso em 07 de setembro de 2014.

SOUZA, J. d. **O Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, 2008.

ANEXO I: Planilha de cálculo da UH analisada para o nível D de eficiência energética

Tabela 8: Envoltória e pré-requisitos dos ambientes

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4	ZB4	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	Quarto 2	Quarto 1	Sala
	Área útil do APP	m ²	9,01	12,41	16,35
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	1	1	1
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	1,75	1,75	1,75
	CTcob	kJ/m ² .K	21,00	21,00	21,00
	αcob	adimensional	0,60	0,60	0,60
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,46	2,46	2,46
	CTpar	kJ/m ² .K	150,00	150,00	150,00
	αpar	adimensional	0,51	0,51	0,51
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00	0,00	13,50
	SUL	m ²	10,77	11,82	0,00
	LESTE	m ²	0,00	9,45	9,54
	OESTE	m ²	7,53	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	1,50	1,50
	OESTE	m ²	1,50	0,00	0,61
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,60	0,60	0,60
	Somb	adimensional	0,00	0,00	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	14,94	17,85	9,95
	Pé Direito	m	2,50	2,50	2,50
	C altura	adimensional	0,277	0,201	0,153
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0
	vid	binário	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	C 1596	C 1456	C 1640
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	A 5,733	A 5,760	A 4,560
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	B 6,378	B 7,457	Não se aplica 0,000

Pré-requisitos por ambiente						
Pré Requisitos da Envoltória	Paredes externas	Upar, Ctpar e αpar atendem?	Sim	Sim	Sim	
	Cobertura	Ucob, CTcob e αcob atendem?	Sim	Sim	Sim	
	Fatores para iluminação e ventilação natural	O ambiente é um dormitório?	Sim	Sim	Não	
		Há corredor no Ambiente?	Não	Não	sim	
	Iluminação Natural	Se sim, qual é a AUamb sem contar a área deste corredor?				14,31
		Área de abertura para iluminação [m ²]	1,06	1,06	1,67	
		Ai/Auamb (%)	11,76	8,54	11,67	
		Atende 12,5%?	Não	Não	Não	
	Ventilação Natural	Área de abertura para ventilação	0,53	0,53	0,53	
		Av/Auamb (%)	5,88	4,27	3,70	
		Atende % mínima?	Não	Não	Não	
		Tipo de abertura	Quatro folhas duas de correr	Quatro folhas duas de correr	Quatro folhas duas de correr	
		Abertura passível de fechamento?	Sim	Sim	sim	
ZB8 ou média mensal de temperatura mínima acima ou igual a 20°C?		Sim	Sim	Sim		
Atende?	Sim	Sim	Sim			

Pontuação após avaliar os pré-requisitos por ambiente	Ponderação da nota pela área útil do ambiente			
	Envoltória para Verão	C 3,00	C 3,00	C 3,00
Envoltória para Inverno	C 3,00	C 3,00	C 3,00	C 3,00
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	C 3,00	C 3,00	C 3,00	Não se aplica 0,00

Tabela 9: Pré-requisitos da UH

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	0
		Área Aberturas orientação Sul	0
		Área Aberturas orientação Leste	1,06
		Área Aberturas orientação Oeste	0,92
		A2/A1	0,867924528
		Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?	Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	1
		Nº Banheiros com ventilação natural	1
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
	Envoltória para Verão		C
		3,00	3,00
Envoltória para Inverno		C	C
		3,00	3,00
Envoltória se Refrigerada Artificialmente		C	C
		3,00	3,00

Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos restantes	Nota final da envoltória da UH
		C
	3,00	3,00

Tabela 10: Bonificações

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m²)	0
		AATVS (m²)	0
		AATVL (m²)	1,06
		AATVO (m²)	0,92
		ATFN (m²)	25,95
		ATFS (m²)	22,59
		ATFL (m²)	19
		ATFNO (m²)	17,91
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20,0%
		Porosidade Norte	0,0%
		Porosidade Sul	0,0%
		Porosidade Leste	5,6%
		Porosidade Oeste	5,1%
	Atende pelo menos 2 fachadas?	Não	
	Bonificação	0	
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Não
		Quais dispositivos?	
Bonificação		0	
Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Sim	
	Bonificação	0,06	
Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre \geq 30% da área da abertura?		
	Bonificação	0,1	
Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0
	Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	Menos que 50%
		Bonificação	0
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	Não
		Bonificação	0
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	Não
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	Não
		Bonificação	0
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	Não
Bonificação		0	
Total de bonificações			0,16

ANEXO II: Planilha de cálculo da UH analisada para o nível C de eficiência energética

Tabela 11: Envoltória e pré-requisitos dos ambientes

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4	ZB4	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	Quarto 2	Quarto 1	Sala
	Área útil do APP	m ²	9,01	12,41	16,35
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	1	1	1
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,62	0,62	0,62
	CTcob	kJ/m ² .K	34,00	34,00	34,00
	αcob	adimensional	0,60	0,60	0,60
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,46	2,46	2,46
	CTpar	kJ/m ² .K	150,00	150,00	150,00
	αpar	adimensional	0,20	0,20	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00	0,00	13,50
	SUL	m ²	10,77	11,82	0,00
	LESTE	m ²	0,00	9,45	9,54
	OESTE	m ²	7,53	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	1,50	1,50
	OESTE	m ²	1,50	0,00	0,61
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,60	0,60	0,60
	Somb	adimensional	0,00	0,00	0,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	14,94	17,85	9,95
	Pé Direito	m	2,50	2,50	2,50
	C altura	adimensional	0,277	0,201	0,153
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0
	vid	binário	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	C	B	B
			1563	1277	1380
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B
			7,466	7,514	6,396
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	A	A	Não se aplica
			1,580	2,187	0,000

Tabela 12: Pré-requisitos da UH

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	0
		Área Aberturas orientação Sul	0
		Área Aberturas orientação Leste	2
		Área Aberturas orientação Oeste	1,49
		A2/A1	0,745
	Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?		Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	1
		Nº Banheiros com ventilação natural	1
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
		Envoltória para Verão	B 3,76
Envoltória para Inverno	B 4,00	B 4,00	
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	A 5,00	A 5,00	

Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos restantes	Nota final da envoltória da UH
	B 3,84	B 3,84

Tabela 13: Bonificações

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m²)	0
		AATVS (m²)	0
		AATVL (m²)	2
		AATVO (m²)	1,49
		ATFN (m²)	25,95
		ATFS (m²)	22,59
		ATFL (m²)	19
		ATFNO (m²)	17,91
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20,0%
		Porosidade Norte	0,0%
		Porosidade Sul	0,0%
		Porosidade Leste	10,5%
		Porosidade Oeste	8,3%
	Atende pelo menos 2 fachadas?	Não	
	Bonificação	0	
	Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?	Não
		Quais dispositivos?	
		Bonificação	0
Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Sim	
	Bonificação	0,06	
Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre $\geq 30\%$ da área da abertura?		
	Bonificação	0	
Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_p$?	Não
		Bonificação	0
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
		Bonificação	0,1
Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0
	Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	Menos que 50%
		Bonificação	0
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	Não
		Bonificação	0
Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	Não	
	Bonificação	0	
Total de bonificações			0,16

ANEXO III: Planilha de cálculo da UH analisada para o nível B de eficiência energética

Tabela 14: Envoltória e pré-requisitos dos ambientes

Zona Bioclimática	ZB	DETALHE IMPORTANTE: após os cálculos não modificar a zona bioclimática da célula E10	ZB4	ZB4	ZB4
Ambiente	Identificação	adimensional	Quarto 2	Quarto 1	Sala
	Área útil do APP	m ²	9,01	12,41	16,35
Situação do piso e cobertura	Cobertura	adimensional	1	1	1
	Contato com solo	adimensional	1	1	1
	Sobre Pilotis	adimensional	0	0	0
Cobertura	Ucob	W/m ² .K	0,53	0,53	0,53
	CTcob	kJ/m ² .K	176,00	176,00	176,00
	αcob	adimensional	0,60	0,60	0,60
Paredes Externas	Upar	W/m ² .K	2,46	2,46	2,46
	CTpar	kJ/m ² .K	150,00	150,00	150,00
	αpar	adimensional	0,20	0,20	0,20
Característica construtiva	CTbaixa	binário	0	0	0
	CTalta	binário	0	0	0
Áreas de Paredes Externas do Ambiente	NORTE	m ²	0,00	0,00	13,50
	SUL	m ²	10,77	11,82	0,00
	LESTE	m ²	0,00	9,45	9,54
	OESTE	m ²	7,53	0,00	0,00
Áreas de Aberturas Externas	NORTE	m ²	0,00	0,00	0,00
	SUL	m ²	0,00	0,00	0,00
	LESTE	m ²	0,00	1,50	1,50
	OESTE	m ²	1,50	0,00	0,61
Características das Aberturas	Fvent	adimensional	0,60	0,60	0,60
	Somb	adimensional	1,00	1,00	1,00
Características Gerais	Área das Paredes Internas	m ²	14,94	17,85	9,95
	Pê Direito	m	2,50	2,50	2,50
	C altura	adimensional	0,277	0,201	0,153
Características de Isolamento Térmico para ZB 1 e ZB2	isol	binário	0	0	0
	vid	binário	0	0	0
	Uvid	W/m ² .K	0	0	0
Indicador de Graus-hora para Resfriamento	GHR	°C.h	A	A	A
			697	475	551
Consumo Relativo para Aquecimento	CA	kWh/m ² .ano	B	B	B
			8,235	8,282	7,164
Consumo Relativo para Refrigeração	CR	kWh/m ² .ano	A	A	Não se aplica
			-1,435	-0,845	0,000

Tabela 15: Pré-requisitos da UH

Pré Requisitos da Envoltória	Medição individual de água?		Sim
	Medição individual de energia?		Sim
	Ventilação Cruzada	Área Aberturas orientação Norte	0
		Área Aberturas orientação Sul	0
		Área Aberturas orientação Leste	2
		Área Aberturas orientação Oeste	1,49
		A2/A1	0,745
		Atende A2/A1 maior ou igual a 0,25?	Sim
	Banheiros com Ventilação Natural	Nº BWC	1
		Nº Banheiros com ventilação natural	1
Atende 50% ou mais dos banheiros com ventilação natural?		Sim	

Pontuação após avaliar os pré-requisitos gerais da UH		Nota anterior aos pré-requisitos	Nota posterior ao pré-requisito de ventilação cruzada
		Envoltória para Verão	A 5,00
Envoltória para Inverno	B 4,00	B 4,00	
Envoltória se Refrigerada Artificialmente	A 5,00	A 5,00	

Equivalente numérico da envoltória da UH	Nota anterior aos pré-requisitos restantes	Nota final da envoltória da UH
	A 4,68	A 4,68

Tabela 16: Bonificações

Bonificações			
Bonificação Ventilação Natural	Porosidade	ATAVN (m²)	0
		AATVS (m²)	0
		AATVL (m²)	2
		AATVO (m²)	1,49
		ATFN (m²)	25,95
		ATFS (m²)	22,59
		ATFL (m²)	19
		ATFNO (m²)	17,91
		Pavimento da UH	1 ou 2
		Porosidade a Atender	20,0%
		Porosidade Norte	0,0%
		Porosidade Sul	0,0%
		Porosidade Leste	10,5%
		Porosidade Oeste	8,3%
		Atende pelo menos 2 fachadas?	Não
		Bonificação	0
		Dispositivos Especiais	Todos os APP apresentam dispositivos especiais?
	Quais dispositivos?		
	Bonificação		0
	Centro Geométrico	Todos os APP apresentam abertura com centro geométrico entre 0,40 e 0,70m?	Sim
Bonificação		0,06	
Permeabilidade	Todos APP apresentam abertura intermediária com área livre $\geq 30\%$ da área da abertura?		
Bonificação Iluminação Natural	Profundidade	50%+1 dos APP, cozinha e lavanderia atendem $P \leq 2,4 \cdot h_r$?	Não
		Bonificação	0
	Refletância Teto	Todos os APPs, cozinha e lavanderia apresentam refletância do teto maior que 0,6?	Sim
		Bonificação	0,1
Outras Bonificações	Uso Racional de Água	Bonificação de uso racional de água	0,15
	Condicionamento Artificial de Ar	Bonificação de condicionamento artificial de ar	0
	Iluminação Artificial	Porcentagem das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75 lm/W ou com Selo Procel (em todos os ambientes)	De 50% a 99%
		Bonificação	0,05
	Ventiladores de Teto	Ventiladores de teto com Selo Procel em 2/3 dos ambientes de permanência prolongada?	Não
		Bonificação	0
	Refrigeradores	Apresenta refrigerador(es) com ENCE nível A ou Selo Procel?	Sim
		Garante as condições adequadas de instalação conforme recomendações do fabricante?	Sim
		Bonificação	0,1
	Medição Individualizada de Aquecimento de Água	Apresenta medição individualizada de água quente?	Não
Bonificação		0	
Total de bonificações			0,46

Tabela 17: Aquecimento de água

Pré-requisitos do sistema de aquecimento de água	As tubulações para água quente são apropriadas para a função de condução a que se destinam e atendem às normas técnicas de produtos aplicáveis?	Sim
	A edificação apresenta sistema de aquecimento de água?	Sim
	A edificação pertence a região Norte ou Nordeste?	Não
	O sistema apresenta aquecimento solar?	Sim
	A estrutura do reservatório apresenta resistência térmica maior ou igual a 2,20 (m ² K)/W ?	Sim
	Atende?	Sim
	As tubulações para água quente são metálicas?	Sim
	A condutividade térmica da tubulação está entre 0,032 e 0,040 W/(mK)?	Sim
	Diâmetro nominal da tubulação (cm)	68
	Espessura do isolamento (cm)	2,5
	Condutividade do material alternativo à temperatura média indicada para a temperatura da água (W/mK)	
	Atende?	Sim
A maior classificação que a UH pode atingir em aquecimento de água é:	A	

Sistema de aquecimento Solar	Os coletores solares possuem ENCE A ou B ou Selo Procel e os reservatórios apresentam Selo Procel?	Sim
	Qual é o volume de armazenamento real do reservatório (litros)?	200
	Qual é a área de coletores solares existente? (m ²)	2
	Volume de reservatório por área de coletor (litros/m ²)	100,00
	Sistemas de aquecimento solar com backup por resistência elétrica. Equivalente à fração solar anual.	de 70% ou mais
	Demanda	100
	Classificação	A
	5	

Nota final para o aquecimento de água	C
	2,50