



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENERGIA E AMBIENTE
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENERGIA E AMBIENTE

VICTOR NOGUEIRA TEIXEIRA MOTA

**MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA**

São Luís
2016

VICTOR NOGUEIRA TEIXEIRA MOTA

**MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Dissertação apresentada ao Curso de Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Ronald Saavedra Mendez

Co-orientador: Prof. Dr. Shigeaki Leite de Lima

São Luís
2016

Mota, Víctor Nogueira Teixeira.

Modelo de unidade habitacional rural unifamiliar autossuficiente em geração e consumo de energia elétrica/ Victor Nogueira Teixeira Mota. – São Luís, 2016.

112 f.

Impresso por computador (fotocópia).

Orientador: Osvaldo Ronald Saavedra Mendez.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Maranhão, Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente, 2016.

1. Energia solar fotovoltaica - Habitação rural isolada. 2. Eficiência energética. 3. Sistemas *off-grid*. I. Título.

CDU 662.997:365.2

**MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA**

Aprovado em: 31/03/2016

BANCA EXAMINADORA

**OSVALDO RONALD SAAVEDRA MENDEZ
DOUTOR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**

**CLOVIS BOSCO MENDONÇA OLIVEIRA
DOUTOR
UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**

**ALEX OLIVEIRA DE SOUZA
DOUTOR
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**

“A gente tem que sonhar, senão as
coisas não acontecem”.

Oscar Niemeyer

Dedico este trabalho à minha falecida mãe de criação, Lindalva Nogueira Teixeira Mota, por ter sido o meu melhor exemplo de ser humano, cidadã, chefe de família e de pessoa trabalhadora.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Osvaldo Ronald Saavedra Mendez, pela sua paciência, seus ensinamentos, sua vontade de compartilhar conhecimento e, principalmente, sua parceria na realização deste trabalho. Agradeço também ao professor Shigeaki Leite de Lima, pela sua co-orientação.

Eu agradeço à Universidade Federal do Maranhão pelos ensinamentos oferecidos, através dos professores, coordenadores, gestores e colaboradores.

Também agradeço à Caixa Econômica Federal, empresa que incentiva seus funcionários ao crescimento profissional, estímulo fundamental para a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas de trabalho e de mestrado, pelo compartilhamento de conhecimentos, pelas sugestões de abordagens do tema e pelo reconhecimento profissional.

Por fim, agradeço à minha esposa, Polyana Mota, e aos meus dois filhos, Davi Mota e Levi Mota, pois são as causas da minha vontade de crescer.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1	A importância da Energia Elétrica na Comunidade Rural.....	19
2.2	Programa Nacional de Habitação Rural X Eletrificação Rural.....	20
2.3	Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis.....	21
2.4	Aproveitamento da Energia do Sol.....	22
2.4.1	Energia Solar Fotovoltaica.....	27
2.4.1.1	Histórico da Energia Solar Fotovoltaica.....	27
2.4.1.2	Modelo Centralizado X Modelo Descentralizado.....	29
2.4.1.3	On Grid X Off Grid.....	30
2.4.1.4	Armazenamento de Energia Fotovoltaica.....	31
3	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	33
4	OBJETIVOS.....	35
4.1	Objetivo Geral.....	35
4.2	Objetivos Específicos.....	35
5	MODELOS E POLÍTICAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO MUNDO.....	36
5.1	Energia Solar Fotovoltaica na Alemanha.....	38
5.2	Energia Solar Fotovoltaica nos Estados Unidos.....	41
5.3	Energia Solar Fotovoltaica no Moçambique.....	43
6	ESTÍMULOS AO USO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL.....	45
6.1	Incentivos Fiscais.....	46
6.2	Resolução 482 da ANEEL.....	47
6.3	Plano Decenal de Energia Elétrica (PDE 2024).....	48
6.4	Energia Solar no Programa Minha Casa Minha Vida.....	49
6.5	Fundo Socioambiental da Caixa Econômica Federal e a Energia Fotovoltaica.....	49
7	PROPOSTA DE MODELO.....	51
7.1	Caracterização de Uma Casa Ecoeficiente.....	51

7.2	Certificação de Construções Sustentáveis.....	52
7.3	Projeto Arquitetônico com Energia Fotovoltaica Autossuficiente.....	53
7.4	Memorial Descritivo.....	54
7.5	Demanda Energética e Projeto Solar Fotovoltaico.....	58
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63
8.1	Integração de Requisitos.....	63
8.2	Viabilidade Técnico-Econômica.....	64
8.3	Análises Taxonômicas.....	66
8.4	Perspectivas de Mercado.....	69
8.5	Atuação da Caixa Econômica Como Principal Agente Financeiro de Políticas Públicas.....	69
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
	REFERÊNCIAS.....	72
	ANEXO 1 – Projeto Arquitetônico com Energia Solar Fotovoltaica.....	76
	ANEXO 2 – Especificações do Projeto Arquitetônico.....	86
	ANEXO 3 – Orçamento do Projeto Arquitetônico.....	99
	ANEXO 4 – Registros de Responsabilidade Técnica.....	105
	ANEXO 5 – Artigo submetido para publicação no SBSE 2016.....	107

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEF	Caixa Econômica Federal
FSA	Fundo Socioambiental da Caixa
FV (PV)	Fotovoltaico
GWh	Gigawatt Hora
GWp	Gigawatt Pico
KWh	Kilowatt Hora
KWp	Kilowatt Pico
MCIDADES	Ministério das Cidades
MCMV	Minha Casa Minha Vida
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MWh	Megawatt Hora
MWp	Megawatt Pico
MME	Ministério de Minas e Energia
OGU	Orçamento Geral da União
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PDE	Plano Decenal de Energia Elétrica
PLPT	Programa Luz Para Todos
PNHR	Programa Nacional de Habitação Rural
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RGR	Reserva Global de Reversão
SIN	Sistema Interligado Nacional

LISTA DE TABELAS

Tabela I	Comparação de materiais aplicáveis a edificações	Pág 57
Tabela II	Cálculo da demanda energética básica da residência modelo	Pág 58
Tabela III	Cálculo do consumo para dimensionamento do sistema	Pág 60
Tabela IV	População com acesso à energia elétrica	Pág 66
Tabela V	Insolação diária por metro quadrado	Pág 67
Tabela VI	Matriz Energética de Países Desenvolvidos e Subdesenvolvidos	Pág 67
Tabela VII	Comparação dos modelos fotovoltaicos	Pág 68

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Casa de Taipa no Maranhão	Pág 16
Figura 02	Casa do Programa Nacional de Habitação Rural no Maranhão	Pág 17
Figura 03	Unidades Habitacionais Rurais com Energia Elétrica	Pág 20
Figura 04	Capacidade de Geração Fotovoltaica em 2013	Pág 38
Figura 05	Residência na Alemanha	Pág 39
Figura 06	Vilarejo Schlierberg, em Freiburg	Pág 40
Figura 07	Desert Sunlight, na Califórnia	Pág 42
Figura 08	Aproveitamento da ventilação e iluminação naturais	Pág 52
Figura 09	Perspectiva do modelo proposto de Unidade Habitacional Rural	Pág 55
Figura 10	Planta de layout e indicação do fluxo dos ventos predominantes	Pág 56
Figura 11	Esquema de ligação do sistema fotovoltaico off-grid	Pág 59
Figura 12	Eficiência Energética na Arquitetura	Pág 63

RESUMO

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

*Victor Nogueira Teixeira Mota**

Habitação com dignidade no Brasil ainda não atinge a totalidade da população. Há pessoas que habitam imóveis em situações precárias de segurança e salubridade. Além de não terem um abrigo confortável para residir, muitas pessoas não tem acesso à energia elétrica, bem precioso para o desenvolvimento sustentável da população. Neste trabalho é discutido e desenvolvido um modelo de habitação rural que atende critérios de baixo custo, de conforto ambiental para os usuários e de eficiência energética. O Programa Nacional de Habitação Rural do governo federal visa a erradicação de habitações precárias, porém, condiciona a concessão da moradia à existência prévia de energia elétrica na comunidade, a qual em muitos casos é isolada e não possui rede de energia da concessionária. Este trabalho vem levantar questões acerca da eletrificação rural, através de uma análise comparativa dos modelos e políticas de incentivo à energia solar fotovoltaica no Brasil e no mundo, identificando pontos positivos e a melhorar a matriz elétrica do país, atendendo domicílios isolados dos centros urbanos e garantindo qualidade de vida a estes cidadãos. A principal motivação é dar um indicativo para as políticas de habitação rural, de forma a viabilizar a extensão deste benefício para setores rurais desassistidos por programas de eletrificação, cuja condição é mandatória para elegibilidade de programas de habitação rural. Os resultados obtidos fomentam a disseminação da tecnologia de energia solar fotovoltaica como fonte renovável alternativa e bastante promissora no Brasil.

Palavras-chave: Eficiência energética. Energia solar fotovoltaica. Habitação rural isolada. Sistemas *off-grid*.

*

Arquiteto e Urbanista graduado na Universidade Estadual do Maranhão, graduando em Engenharia Civil no Instituto Federal do Maranhão, pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho na Universidade CEUMA, pós-graduado em Engenharia de Campo – SMS na Universidade Federal do Maranhão através do Programa de Mobilização da Indústria Nacional do Petróleo e Gás Natural (PROMINP), mestrando em Energia e Ambiente na Universidade Federal do Maranhão, Arquiteto e Coordenador de Filial do Programa Nacional de Habitação Rural na Gerência Executiva de Habitação de São Luís da Caixa Econômica Federal.

E-mails: victor.mota@live.com / victor.t.mota@caixa.gov.br

ABSTRACT

HOUSING UNIT MODEL RURAL UNIFAMILIAR SELF-SUFFICIENT IN GENERATION AND ELECTRICITY CONSUMPTION

Housing with dignity in Brazil still does not reach the entire population. There are people who live in properties in precarious situations of safety and health. Besides not having a comfortable shelter to live, many people have no access to electricity and precious to the sustainable development of the population. This work is discussed and developed a rural housing model that meets low cost criteria, environmental comfort for users and energy efficiency. The National Program for Rural Housing the federal government aims to eradicate substandard housing, but housing conditions the granting of the prior existence of electricity in the community, which in many cases is isolated and does not have a utility power network. This work is raising questions about the rural electrification through a comparative analysis of models and incentive policies for PV solar energy in Brazil and worldwide, identifying strengths and to improve the energy matrix of the country, serving isolated households in urban centers and ensuring quality of life for these citizens. The main motivation is to give an indication for rural housing policies, in order to facilitate the extension of this benefit to under served rural sectors by electrification programs, whose condition is mandatory for eligibility of rural housing programs. The results encourage the spread of solar PV technology as an alternative and promising renewable source in Brazil.

Keywords: Energy efficiency. Photovoltaic solar energy. Isolated rural housing. Off-grid systems.

1 INTRODUÇÃO

Ter um local para abrigo é uma necessidade básica do ser humano desde os primórdios de sua existência. Na pré-história, o homem usou da capacidade racional, intuitiva e da própria energia para criar uma moradia. Na sociedade atual, o ser humano depende não só destas habilidades naturais para edificação da casa, mas também de fatores externos diretamente ligados à política e à economia. O direito à moradia digna é uma questão bastante levantada nas políticas urbanas e no desenvolvimento sustentável das cidades, tanto na zona urbana como na zona rural. Porém, o cidadão do campo de áreas isoladas tem acesso mais lento à implantação efetiva destas políticas. A figura 1.1 demonstra esta condição.

Figura 1 - Casa de Taipa no Maranhão



Fonte: Victor Mota (2014)

O acesso a algumas comunidade rurais é restrito e muito difícil, o que inviabiliza não só a construção de moradias dignas, mas também o acesso ao conhecimento de uma forma geral. Muitas pessoas vivem em condições subumanas, sem higiene, sem cuidados com a saúde, e consideram algo “normal”.

Um dos principais programas do Governo Federal criado para diminuir o *déficit* habitacional por moradia digna é o Programa Nacional de Habitação Rural – PNHR, operacionalizado pela Caixa Econômica Federal.

Figura 2 - Casa do Programa Nacional de Habitação Rural no Maranhão



Fonte: Victor Mota (2014)

Este programa tem grande importância, pois não se trata apenas de garantir habitações que oferecem melhor conforto ao usuário da construção e erradicar moradias sem condições de proporcionar aos moradores um mínimo de habitabilidade, segurança e salubridade. Há um cunho social que se sobrepõe à simples construção de casas ao trabalhador rural. Manter este trabalhador no campo fortalece as atividades de extrativismo que são essenciais para a própria subsistência do camponês e para o processamento de gêneros alimentícios, e enfraquece o êxodo rural em busca de oportunidades incertas de emprego na capital.

O êxodo rural equivocado aumenta o desemprego e a marginalização das pessoas. Sendo assim, é essencial para o desenvolvimento sustentável das cidades que o homem do campo se mantenha no campo, garantindo condições de desenvolvimento econômico e social para presentes e futuras gerações das cidades.

Para garantir qualidade de vida do trabalhador rural, é necessária a construção de casas de forma eficiente, o que envolve técnicas aperfeiçoadas de engenharia e aplicação precisa de recursos. Também é necessária uma

infraestrutura básica de saneamento (água para consumo e esgotamento sanitário) e eletrificação da comunidade.

“Particularmente determinado pela inexistência de atividade econômica substantiva, o contexto rural brasileiro colaborou na construção desta realidade e impossibilitou a realização de investimentos em serviços e infraestrutura básica, fato que estimula o êxodo rural e os problemas dele decorrentes”. (SAAVEDRA ET ALL, 2007)

Ocorre que a maioria das comunidades rurais isoladas ainda não possui rede elétrica das concessionárias de energia, necessitando em alguns casos de uma solução alternativa de fornecimento.

Portanto, este trabalho abordará a eletrificação rural de comunidades isoladas através da energia fotovoltaica em conjunto com a implantação do Programa Nacional de Habitação Rural, levantando temas relacionados às legislações voltadas para a geração de energia descentralizada, análise crítica de modelos e propostas de energia solar fotovoltaica no Brasil e no mundo, bem como a influência da Arquitetura na eficiência energética da geração de energia utilizando painéis fotovoltaicos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A energia é um elemento básico de infraestrutura necessário para o desenvolvimento humano. Está diretamente relacionada com outros elementos como a água, saneamento, transporte e telecomunicação, também essenciais ao desenvolvimento humano.

Existem diversas fontes de geração de energia elétrica e a implantação de rede de energia elétrica em comunidades isoladas pode ser inviável economicamente. Portanto, novas alternativas devem ser estudadas.

2.1 A Importância da Energia Elétrica na Comunidade Rural

Para satisfazer as necessidades básicas do homem, é necessário o consumo de energia, porém, há uma enorme desigualdade deste consumo entre os países e até mesmo dentro de um país, como é o caso do Brasil. A distribuição de energia no Brasil, seja elétrica, fóssil ou de qualquer outra fonte, não alcança a totalidade da população.

“O enorme contingente de pessoas excluídas, sem acesso às formas comerciais de energia, mostra que esse insumo, uma vez distribuído de forma justa, constitui-se em um bem básico para integração do ser humano ao desenvolvimento, pois proporciona emprego – e, conseqüentemente renda e tudo que advém dela: alimento, habitação, saúde, condições sanitárias, educação, lazer e oportunidades, para que cada indivíduo deixe, durante sua passagem pela vida, uma contribuição, por pequena que seja, para o bem-estar das próximas gerações”. (REIS ET ALL, 2012)

A energia elétrica é um insumo essencial para a realização das necessidades básicas do ser humano como alimentação, educação, saúde e lazer.

A conservação de alimentos no refrigerador não se trata de luxo, mas de melhor aproveitamento e disponibilidade de alimentos perecíveis. Aumenta a vida útil do alimento disponível, evitando-se desperdícios.

Para a educação, a energia elétrica é um insumo essencial, pois viabiliza ambientes de aulas mais adequados para aprendizagem. A televisão e o rádio também são equipamentos elétricos que proporcionam educação e lazer à

população. Com o acompanhamento televisivo das notícias de telejornais e outros programas, o cidadão passou a ter acesso à informação e inclusive ao conhecimento dos direitos do ser humano.

A energia elétrica também é essencial para o acesso à água para consumo, pois disponibiliza meios eletromecânicos de captação de águas subterrâneas dos lençóis freáticos, através de bombeamento.

As águas extraídas dos lençóis freáticos através da energia elétrica também podem servir para a irrigação de plantações, otimizando o extrativismo vegetal.

O consumo de energia elétrica é um dos principais indicadores de desenvolvimento econômico de uma região. Prova disso é que países desenvolvidos consomem quantidade de energia em escala bem maior em relação aos países subdesenvolvidos.

Figura 3 - Unidades Habitacionais Rurais com Energia Elétrica



Fonte: Victor Mota (2014)

2.2 Programa Nacional de Habitação Rural X Eletrificação Rural

O Programa Nacional de Habitação Rural estabelece critérios para disponibilização de recursos destinados à construção das unidades habitacionais rurais. Dentre estes critérios, está a exigência de solução de fornecimento de energia elétrica à casa a ser construída.

De certo, como visto, a energia elétrica é um bem essencial para o ser humano, porém, nem todas as comunidades rurais possuem rede elétrica disponível. E esse ponto é um grande obstáculo.

A inexistência de energia elétrica pode inviabilizar a construção das casas através de programas sociais. A indisponibilidade de energia é preocupante do ponto de vista socioeconômico e se torna agravante quando é pré-requisito para a construção das casas.

Certamente, existe um vácuo nesta política habitacional, que exclui um enorme número de brasileiros que residem na área rural. Esta situação é a principal motivação do presente trabalho que objetiva formular uma solução que atenda por um lado as condições de economicidade e viabilidade exigidas pelo poder público, e por outro lado prover uma solução integrada de moradia eficiente, confortável e com serviço elétrico autônomo.

Esta situação leva à busca de novas alternativas de geração e distribuição de energia elétrica. Porém, geração e distribuição de energia elétrica geram impactos ambientais de grandes proporções se não forem definidos critérios de implantação desses sistemas.

2.3 Desenvolvimento Sustentável e Energias Renováveis

O desenvolvimento sustentável pressupõe a utilização adequada dos recursos naturais de modo que estes estejam disponíveis para as presentes e futuras gerações. Sendo assim, deve ser disseminada a conscientização de utilização racional destes recursos.

Este desenvolvimento implica na geração de energia elétrica com o mínimo de impacto ambiental. Neste contexto, as fontes de energias renováveis são uma excelente alternativa para minimizar estes impactos.

Fontes de energias renováveis são encontradas na natureza por meio da velocidade dos ventos, da irradiação solar, nos movimentos das marés, reservatórios hídricos, entre outros. Cada fonte tem um potencial energético e uma disponibilidade diferenciada.

Portanto, ao planejar geração de energia renovável, deve-se levar em consideração a prospecção, disponibilidade, forma de captação e armazenamento, bem como a aplicabilidade, eficiência energética e os possíveis impactos da

implantação e manutenção do sistema. Sem mencionar, é claro, o valor de investimento e de retorno (benefício).

2.4 Aproveitamento da energia do sol

A energia solar é abundante, inesgotável e uma potente fonte de energia para aliviar as alterações climáticas. Mesmo que a geração de energia através do sol ainda represente apenas uma pequena parte do consumo total de energia no mundo, as tecnologias solares estão em desenvolvimento rápido e crescente.

A energia solar é muito bem-vista sob a ótica de preservação do meio ambiente, pois os impactos ambientais são baixíssimos e também é bem-vista sob a ótica dos impactos sociais positivos que pode gerar, abrangendo inclusive comunidades isoladas. O custo de tecnologias solares tem sido reduzido significativamente ao longo dos últimos 30 anos e os avanços técnicos e políticas públicas de apoio continuam a oferecer potencial redução de custos adicionais. *“Cenários de implantação variam amplamente de um papel marginal de energia solar para uma das principais fontes de abastecimento de energia em 2050”* (ARVIZU ET ALL, 2011). A implementação efetiva conseguida dependerá do grau de inovação contínua, redução de custos e políticas públicas de apoio. (ARVIZU ET ALL, 2011).

O mais abundante de todos os recursos energéticos é a energia solar. A taxa na qual a energia solar é interceptada pela Terra é de cerca de dez mil vezes maior do que a velocidade que a humanidade consome energia. A energia do sol é a fonte primária de diversas outras energias. A energia eólica, por exemplo, provém da radiação solar pois os ventos são formados pelo aquecimento não uniforme da atmosfera. As regiões tropicais, que recebem os raios solares quase que perpendicularmente, são mais aquecidas do que as regiões polares. Consequentemente, o ar quente que se encontra nas baixas altitudes das regiões tropicais tende a subir, sendo substituído por uma massa de ar mais frio que se desloca das regiões polares. O deslocamento de massas de ar determina a formação dos ventos.

A energia do sol pode ser encontrada indiretamente em praticamente todas as fontes de energia. A biomassa é constituída primordialmente pela fotossíntese, realizada através da energia solar. É a partir da energia do Sol que se

dá a evaporação, origem do ciclo das águas, que possibilita o represamento e a consequente geração de eletricidade (hidroeletricidade).

Embora nem todos os países sejam igualmente dotados de energia solar abundante, uma contribuição significativa para o mix de energia a partir da energia solar direta é possível para quase todos os países. Atualmente, não há nenhuma evidência indicando um impacto substancial das alterações climáticas na região que utilizam fontes de recursos solares.

A conversão de energia solar consiste em uma grande família de diferentes tecnologias capazes de satisfazer uma variedade de serviços de energia. Tecnologias solares podem fornecer calor, refrigeração, iluminação natural, eletricidade e combustíveis para uma série de aplicações. A conversão da energia solar para aquecer (ou seja, a conversão térmica) é comparativamente simples, pois qualquer objeto material colocado no sol absorverá a energia térmica. No entanto, maximizar o que absorveu de energia e reter esta energia para que não escape para o ambiente pode levar técnicas e dispositivos especializados, tais como espaços evacuados, revestimentos óticos e espelhos. A técnica utilizada depende da aplicação e da temperatura em que o calor devem ser entregues. Isto pode variar de 25 °C, para o aquecimento de piscinas, por exemplo, a 3000 °C em torres heliotérmicas.

Aquecimento solar passivo é uma técnica para manter condições confortáveis nos edifícios através da exploração da radiação solar incidente sobre estes através da utilização de vidros (janelas, espaços de sol, conservatórios) e outros materiais transparentes e conduzir o ganho de calor e perda na estrutura, sem a utilização dominante de bombas ou ventiladores. Muitas edificações em regiões predominantemente quentes são projetadas com estes tipos de materiais, equivocadamente, aumentando a temperatura dos ambientes indevidamente. Nesta situação, tal falha de projeto acarretará o uso de ar-condicionado para compensar o conforto térmico, o que vai de encontro com a arquitetura sustentável.

A refrigeração solar para edifícios também pode ser conseguida, por exemplo, através da utilização de calor solar para conduzir derivado de refrigeração por absorção termodinâmica ou ciclos de adsorção. A energia solar para iluminação não requer nenhuma conversão, pois a iluminação solar ocorre naturalmente em edifícios através de janelas. No entanto, para maximizar o efeito, requer engenharia especializada e projeto arquitetônico.

A geração de eletricidade pode ser conseguida de duas formas. Na primeira, a energia solar é convertida diretamente em eletricidade em um dispositivo chamado célula fotovoltaica (FV). Na segunda, a energia térmica solar é utilizada numa planta de concentração de energia solar (CSP) para a produção de calor de alta temperatura, que é então convertida em eletricidade por meio de um motor de calor e do gerador. Ambas abordagens estão atualmente em uso. Além disso, sistemas de acionamento solares podem fornecer processo de calor e de frio, e outras tecnologias de energia solar estão sendo desenvolvidas, que entregarão portadores de energia como o hidrogênio ou hidrocarbonetos combustíveis, conhecido como combustíveis solares.

A tecnologia solar tem diferentes maturidades, e a aplicabilidade depende das condições locais e das políticas governamentais para apoiar a adoção. Algumas tecnologias já são competitivas com os preços de mercado em certos locais, e em geral, a viabilidade global de tecnologias solares está melhorando. Energia solar térmica pode ser utilizada para uma ampla variedade de aplicações, tais como para aquecimento da água para uso doméstico, o aquecimento de edifícios para conforto ambiental, e calor para processo industrial. Esta última é significativa, já que muitos países gastam até um terço de seu consumo de energia anual para o calor.

“Serviços de aquecimento de água central para edifícios residenciais e comerciais é agora uma tecnologia madura crescendo a uma taxa de cerca de 16% ao ano e empregada na maioria dos países” (ARVIZU ET ALL, 2011).

Energia solar passiva e iluminação natural são a conservação da energia nos edifícios a uma taxa de escala altamente significativa, mas a quantidade real é difícil de quantificar. Sistemas solares passivos devem ser bem desenhados para diminuir a necessidade adicional de requisitos de aquecimento ou resfriamento no conforto ambiental em cerca de 15% para os edifícios existentes e cerca de 40% para os novos edifícios. Do contrário, serão necessários aparelhos de ar-condicionado para resfriar ou aquecedores para aumentar as temperaturas de ambientes mal projetados.

A geração de eletricidade usando painéis fotovoltaicos é um fenômeno mundial.

“Assistida por políticas de preços de apoio, a taxa de crescimento anual composta para a produção de FV entre 2003 e 2009 foi mais de 50%, fazendo com que seja uma das tecnologias de energia que mais cresce em termos percentuais. A partir do final de 2009, a capacidade de potência fotovoltaica instalada na geração de energia foi de cerca de 22 GW a nível mundial. As estimativas para 2010 foram um valor de consenso de cerca de 13 GW de capacidade recém-adicionada. A maioria dessas instalações são em telhados e conectadas à rede. A produção de eletricidade a partir de instalações CSP tem visto um grande aumento na capacidade prevista nos últimos anos, com vários países começando a experimentar novas instalações” (ARVIZU ET ALL, 2011).

A integração da energia solar em sistemas de energia mais amplos envolve tanto desafios como oportunidades. Energia fornecida por painéis fotovoltaicos e aquecedores de água solares domésticos pode ser especialmente valiosa porque a produção de energia muitas vezes ocorre em períodos de picos de carga na rede, tal como nos casos em que há uma grande carga durante o dia de verão associada com uso do ar-condicionado.

FV e aquecedores de água solares domésticos também se encaixam bem com as necessidades de muitos países, porque são modulares, rápidos de instalar, e às vezes pode atrasar a necessidade de construção cara ou expansão da rede de transmissão. Ao mesmo tempo, a energia solar tem, tipicamente, uma variável de produção com um certo grau de imprevisibilidade que deve ser gerido, e as plantas de energia solares centrais pode exigir nova infraestrutura de transmissão.

Tecnologias solares oferecem oportunidades para consequências sociais positivas, e o impacto ambiental é pequeno. Estas tecnologias têm emissões de gases de efeito estufa de baixo ciclo de vida, e a quantificação dos custos externos tem rendido favoráveis valores comparados com a energia a partir de combustíveis fósseis. As áreas potenciais de preocupação incluem a reciclagem e uso de materiais tóxicos na fabricação de FV e o uso da água para o CSP. Um importante valor social de tecnologias solares é o potencial para melhorar as oportunidades de saúde e meios de subsistência para muitos do mundo mais pobre.

“Possibilidade de abordar algumas das lacunas na disponibilidade de serviços energéticos modernos para cerca de 1,4 bilhão de pessoas que não têm acesso à eletricidade e os 2,7 bilhões de pessoas que dependem

da biomassa tradicional para cozinhar em casa. No lado negativo, alguns projetos de energia solar têm enfrentado as preocupações do público sobre as necessidades de grandes áreas para implantação de CSP e FV em plantas centralizadas, percepções relativas aos impactos visuais, e, para CSP, necessidades de refrigeração com água” (ARVIZU ET ALL, 2011).

O impacto do uso das terras (grandes áreas) pode ser minimizado pela seleção de áreas com baixa densidade populacional e baixa sensibilidade ambiental. Os estudos até agora sugerem que nenhuma destas questões representa uma barreira contra a utilização generalizada das tecnologias solares.

Ao longo dos últimos 30 anos, as tecnologias solares apresentaram reduções de custos muito substanciais. Os atuais custos nivelados de energia (eletricidade e calor) a partir de tecnologias solares variam muito, dependendo do custo de uma tecnologia de ponta, disponibilidade de radiação solar, bem como das taxas de desconto aplicadas.

Cenários de implantação potenciais para a faixa de energia solar serão ampliados de um papel marginal da energia solar direta em 2050 para uma das principais fontes de abastecimento de energia global. Embora seja verdade que a energia solar direta fornece apenas uma fração muito pequena da oferta global de energia hoje, tem o maior potencial técnico de todas as fontes de energia. Em ajustes com melhorias das técnicas e resultantes reduções de custos, poderia ver o uso se expandir bastante nas próximas décadas por vir.

Alcançar reduções de custos contínuas é o desafio central que influenciará no futuro da implantação da energia solar. Além disso, como acontecem com algumas outras formas de energia renovável, questões de produção variável de energia e a integração do mercado, bem como a eventual necessidade de novas infraestruturas de transmissão vão influenciar na magnitude, tipo e custo de implantação de energia solar. Finalmente, o quadro regulamentar, as legislações locais também podem promover ou impedir a absorção de aplicações de energia solar direta.

2.4.1 Energia Solar Fotovoltaica

A fonte de energia renovável mais adequada à microgeração de energia elétrica é a solar fotovoltaica. É de baixo impacto ambiental, limpa e renovável, o que contribui para o desenvolvimento sustentável. A radiação solar tem mais disponibilidade que ventos fortes. Para aplicação em unidades habitacionais, as áreas dos telhados poderão ser aproveitadas, sem prejuízo da cobertura da casa. A instalação das placas solares e dos equipamentos de inversão e armazenamento de energia são de fácil instalação, possuem vida útil longa e manutenção baixa.

“A energia solar fotovoltaica apresenta mais regularidade no fornecimento de eletricidade do que a energia eólica e pode ser empregada em todo o território brasileiro, pois o País é privilegiado com elevadas taxas de irradiação solar em todas as regiões”. (VILLALVA, ET ALL, 2013)

O sistema fotovoltaico de energia solar valoriza o bem, não interfere significativamente nas instalações elétricas da residência e pode ser interligado à rede da concessionária de energia, quando disponível, num sistema bidirecional, no qual a geração de energia excedente é lançada na rede pública reduzindo os gastos na forma de créditos na conta de luz, conforme Resolução 482 da ANEEL.

Outra grande vantagem do sistema solar fotovoltaico é a aplicabilidade e modularidade. Pode ser utilizado para bombeamento de água e alimentação da rede no interior do imóvel. Caso a unidade habitacional tenha necessidade de ser ampliada, o sistema solar fotovoltaico também pode ser estendido devido à sua modularidade e possibilidade de ampliação com conexão simples de placas complementares, num sistema *Plug and Play* em que basta conectar para funcionar, sem a necessidade de configurações adicionais.

2.4.1.1 Histórico da Energia Fotovoltaica

Aproveitar a energia do sol para nosso uso no dia a dia é uma ideia bastante antiga que ainda hoje é objeto de constante aperfeiçoamento.

Edmond Becquerel descobriu a energia solar fotovoltaica no início do século XIX, quando inseriu placas metálicas em solução condutora e percebeu um aumento na geração de energia elétrica quando este sistema era exposto à luz.

Posteriormente, no final do século XIX, William Grylls Adams e Richard Evans Day, desenvolveram o primeiro dispositivo sólido a partir do selênio para produção de eletricidade por exposição à luz. Mais tarde, Werner Siemens comercializou células de selênio como fotômetros utilizados em máquinas de fotografar. No início do século XX, mesma época em que divulgava ao mundo a sua teoria da relatividade, Albert Einstein publicou um artigo sobre o efeito fotovoltaico. (VALLÊRA, BRITO, 2006). Com o avanço das pesquisas desta conversão de energia, tornou-se possível aplicar o efeito fotovoltaico em diversas situações.

As células fotovoltaicas são utilizadas para recarregar as baterias dos satélites lançados ao espaço. Com a necessidade de fontes de geração de energia alternativas ao petróleo devido à crise de 1973, os sistemas solares fotovoltaicos foram revolucionados. Novas tecnologias para produção dos painéis fotovoltaicos e de melhoria da eficiência energética das células foram desenvolvidas. Estes avanços permitiram uma redução do custo da geração de energia solar fotovoltaica.

“Mas o grande impulso ao desenvolvimento do fotovoltaico veio do petróleo, com o choque petrolífero de 1973. O pânico gerado levou a um forte investimento em programas de investigação para reduzir o custo de produção das células solares. Apareceram então ideias revolucionárias, como a utilização de novos materiais, em particular o silício policristalino (por oposição aos monocristais, cristais únicos de silício, muito mais caros de produzir) ou de métodos de produção de silício diretamente em fita (eliminando o processo de corte dos lingotes de silício, e todos os custos associados). De fato, em 1976 surgiu a primeira célula em silício amorfo hidrogenado (a-Si:H), aquela que viria ser a primeira tecnologia da geração do filme fino. O resultado destes e de outros avanços foi uma espetacular redução do custo da eletricidade solar de 80\$/Wp (dólares por Watt pico) para cerca de 12\$/Wp em menos de uma década”. (PROENÇA, 2007)

Nos dias atuais, a energia solar fotovoltaica é vista como uma das principais fontes de energia renovável, com diversas aplicações, sejam estas ligadas à rede já existente como forma de somar à matriz elétrica ou em redes isoladas, com aplicações nas áreas mais remotas e de difícil acesso.

“A European Photovoltaic Industry Association (EPIA) publicou em 2004 um roteiro que avança as perspectivas da indústria fotovoltaica para as próximas décadas. Prevendo um crescimento do mercado semelhante ao dos últimos anos (superior a 30% por ano) e uma redução nos custos proporcional ao crescimento de painéis instalados, a EPIA antecipa que em 2020 cerca de 1% da eletricidade consumida mundialmente será de origem fotovoltaica, elevando-se essa fracção para cerca de 26% em 2040. Ainda segundo o mesmo relatório, do ponto de vista tecnológico o ênfase será dado à redução de custos através da redução da matéria-prima (silício) utilizada por unidade de potência instalada, usando células mais finas ou produzidas diretamente em fita. Destaque-se ainda o desenvolvimento de novas técnicas de soldadura dos contatos eléctricos entre células individuais que hoje limitam fortemente a automatização dos processos de montagem de painéis solares”. (VALLÊRA, BRITO, 2006)

As expectativas para um futuro não muito distante são o aumento do conhecimento da geração de energia fotovoltaica disseminado na sociedade e a redução dos custos com a produção em escala da tecnologia. Consequentemente, novas técnicas serão aprimoradas, haverá um aumento na concorrência e o resultado será uma melhor qualidade no produto final.

2.4.1.2 Modelo Centralizado X Modelo Descentralizado

A geração de energia fotovoltaica pode ocorrer de duas formas, centralizada ou descentralizada.

O modelo centralizado de geração de energia fotovoltaica consiste em um sistema robusto de captação e conversão da energia solar para ser fornecida energia eléctrica aos consumidores através de uma rede de distribuição.

“Os sistemas fotovoltaicos podem ser usados na construção de usinas de geração de energia eléctrica conectadas ao sistema eléctrico através de transformadores e linhas de transmissão, da mesma forma como são constituídas as usinas hidreléctricas, termeléctricas e outras”. (VILLALVA ET ALL, 2013)

Este modelo, apesar de centralizado, é complexo pelo seu dimensionamento e transformação da energia para consumo. Grandes usinas de

geração de energia fotovoltaica são projetadas para suprir a demanda de energia elétrica da população.

O modelo centralizado facilita os ganhos na economia de escala, no planejamento e operação do sistema, porém as perdas de energia na rede de distribuição são significativamente grandes, devido às distâncias em relação ao consumidor final. A desvantagem deste modelo está no impacto ambiental que o mesmo causa, pois são necessárias grandes áreas para implantação das usinas.

Já o modelo descentralizado implica em mini e microgeração de energia elétrica pelo próprio consumidor final. Não há necessidade de rede de distribuição, o que reduz as perdas no transporte de energia. Neste caso, é possível ainda armazenar a energia excedente em baterias ou interligar o sistema à rede da concessionária de energia. Neste último caso há necessidade sim de uma rede de distribuição.

“Os sistemas fotovoltaicos de minigeração são aqueles instalados em consumidores comerciais e industriais. São construídos com o objetivo de suprir parcialmente ou totalmente a demanda de energia elétrica desses consumidores, reduzindo sua dependência da energia elétrica da rede pública, proporcionando economia na conta de eletricidade”. (VILLALVA ET ALL, 2013)

Para abastecimento de energia elétrica em comunidades isoladas, onde as habitações são distantes uma das outras, o modelo descentralizado se torna mais adequado, visto que a implantação de uma rede de distribuição pode ser economicamente inviável.

2.4.1.3 *On Grid X Off Grid*

Os sistemas de geração de energia solar fotovoltaica podem ser ligados à rede de distribuição da concessionária de energia (*on grid*) ou não (*off grid*).

Na primeira situação, o sistema de abastecimento de energia se dá de forma híbrida, ou seja, há uma outra fonte de geração de energia elétrica que também é lançada na rede de distribuição. Neste caso, são possíveis as implantações de sistemas de tarifa-prêmio e compensação de energia pelo consumidor que gera energia e lança o excedente na rede de distribuição. Outra

vantagem desse modelo é que não há necessidade de armazenamento de energia, o que diminui o custo.

O sistema *off grid* é autônomo, e, quando dimensionado adequadamente, dispensa a complementação de energia pela rede da concessionária. Porém, a geração de energia excedente é perdida caso não seja armazenada em baterias.

O modelo *off grid* pode ser a solução para áreas distantes dos grandes centros urbanos e da rede da concessionária de energia, para atendimento de residências rurais isoladas.

2.4.1.4 Armazenamento de Energia Fotovoltaica

A energia solar não está disponível para captação o dia inteiro. Durante a noite não há energia do sol e é o turno em que é necessária a iluminação artificial. Em dias chuvosos a capacidade de geração de energia pelos sistemas fotovoltaicos poderá ser reduzida.

Desta forma, é necessário o armazenamento da energia para o suprimento da demanda em situações de ausência de sol. Este armazenamento se dá em bancos de baterias.

Existem diversos tipos de baterias. Para aplicação em sistemas fotovoltaicos, o tipo ideal é a bateria estacionária (selada com eletrólito gel), que não requer manutenção e emite poucos gases, podendo ser empregada em habitações residenciais.

A bateria tem uma vida útil, que é determinada pelo número de ciclos de carga e descarga que realiza.

“Em cada ciclo de carga e descarga de uma bateria o material das placas metálicas é transferido para os seus terminais. Uma vez que esse material separa-se do eletrodo, não pode ser utilizado novamente e a bateria vai se desgastando conforme é utilizada”. (VILLALVA ET ALL, 2013)

Também influencia na vida útil da bateria a temperatura de armazenamento. Portanto, o local projetado para armazenamento deve ser à sombra e ventilado.

Uma característica importante das baterias é a capacidade de recarga no tempo. Não é possível recarregar a bateria plenamente em um curto período de tempo, pois há um estágio de absorção, que depende apenas de mais tempo para recarga da bateria. O sistema deve ser dimensionado prevendo-se esse tempo de absorção lento ao longo das horas disponíveis de insolação.

3 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

A implantação de fontes de energia renovável, como a energia solar fotovoltaica, apresenta impactos ambientais significativamente menores e pode ser a solução para eletrificação de áreas rurais isoladas. Ocorre que o custo de implantação ainda é muito elevado, devido à demanda por este tipo de tecnologia ainda ser relativamente baixa.

A eficiência energética dos sistemas de geração de energia está diretamente ligada à arquitetura das edificações. Segundo Lamberts, “A eficiência energética na arquitetura é um atributo da edificação representante do seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia”. Um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas características de conforto ambiental com menor consumo de energia. Torna-se ecoeficiente quando estas características reduzem a agressão ao meio ambiente.

Segundo Silva, “Na Europa também se observa processo semelhante quanto ao dinamismo da disseminação desta arquitetura bioclimática ou de low carbon. Vários países europeus têm políticas instituídas, através de leis, normas técnicas, sistemas de certificação e também de incentivos, tanto para a readequação de antigos prédios visando torná-los energeticamente eficientes, quanto para a construção de novos, dentro destes parâmetros”.

Da mesma forma, deve-se levar em consideração a aplicação de tal projeto em grande escala, visando a implantação em programas habitacionais de interesse social. Para que a construção se mostre um empreendimento rentável, a escala de produção tem que ser maximizada e deve haver uma padronização nos projetos.

A Caixa Econômica Federal é um importante agente financeiro do desenvolvimento sustentável brasileiro e líder em políticas públicas no setor bancário. Também é um dos agentes financeiros que operacionaliza o Programa Nacional de Habitação Rural. E, nessas condições, é parceira fundamental do Governo Federal no sentido de fomentar a disseminação de uma cultura sustentável com energia renovável nos diversos setores da economia brasileira, inclusive nos lares dos cidadãos.

A missão da Caixa Econômica Federal é “*atuar na promoção da cidadania e do desenvolvimento sustentável do País, como instituição financeira, agente de políticas públicas e parceira estratégica do Estado brasileiro*” (CAIXA 2014).

Portanto, eis uma oportunidade de abertura de negócios para o Governo Federal e para novas carteiras de financiamento do banco, em consonância com as premissas de inovação e disseminação de conhecimento do Programa de Transformação Caixa+10, iniciado em 2012 a fim de concretizar o Plano Estratégico da empresa: estar entre os três maiores bancos brasileiros até 2022, mantendo a liderança como agente financeiro de políticas públicas.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é elaborar modelo de unidade habitacional autossuficiente em geração e consumo de energia elétrica, atendendo critérios de conforto ambiental e eficiência energética, de modo que, mesmo estando isolada dos grandes centros e da distribuição de energia da concessionária, possa ter autonomia para garantir qualidade de vida aos seus usuários.

4.2 Objetivos Específicos

- Fomentar a utilização dos sistemas de energia solar fotovoltaica, disseminando conhecimento acerca das características desses sistemas;
- Levantar as técnicas e materiais para construções ecoeficientes de baixo custo;
- Revisar e organizar os modelos e soluções em nível mundial e nacional no escopo deste trabalho;
- Realizar estudo de viabilidade técnico econômica com foco na sustentabilidade dos modelos a propor;
- Realizar estudos de casos para comparação da tecnologia aplicada no Brasil e no mundo.

5 MODELOS E POLÍTICAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO MUNDO

A busca por alternativas de geração de energia em substituição aos combustíveis fósseis motivou o financiamento, novas políticas e modelos para os sistemas fotovoltaicos em todo o mundo. A instalação da central solar de grande envergadura na Califórnia (1 MWp), em 1982 e o lançamento dos programas de telhados solares em 1990 na Alemanha e 1993 no Japão são exemplos de iniciativas políticas que apoiaram a microgeração de eletricidade (PROENÇA, 2007).

Os incentivos políticos foram essenciais para o pleno desenvolvimento da tecnologia de geração de energia a partir de painéis solares. Em 1999, o total acumulado de painéis solares atingia 1 GW e duplicou três anos depois (PROENÇA, 2007).

Os modelos de geração de energia fotovoltaica interligados à rede da concessionária pública permitiram massificação da tecnologia. Muitos se interessaram pela tecnologia, no intuito de obter vantagens econômicas.

“Na atualidade, a potência instalada de sistemas fotovoltaicos se encontra em rápido crescimento na Europa, Japão e Estados Unidos, basicamente devido à expansão das instalações residenciais interligadas na rede. Com custos de sistemas na faixa de seis a doze dólares por watt, a energia gerada ao longo da vida útil se encontra entre vinte e cinco e cem centavos de dólar por quilowatt-hora. Tudo indica que no futuro a tecnologia fotovoltaica vai trilhar um caminho já traçado, melhorar as eficiências das células de silício mono e policristalino e reduzir preços via aumento da eficiência e fator de escala. Novos materiais estão entrando no mercado, mas ainda deverão provar sua capacidade para ocupar uma fatia significativa do mesmo. Cabe salientar que ao longo dos últimos anos os preços têm se mantido no mesmo patamar e continuam sendo um dos fatores que mais limitam uma difusão mais rápida dessa tecnologia”. (FRAIDENRAICH, 2005)

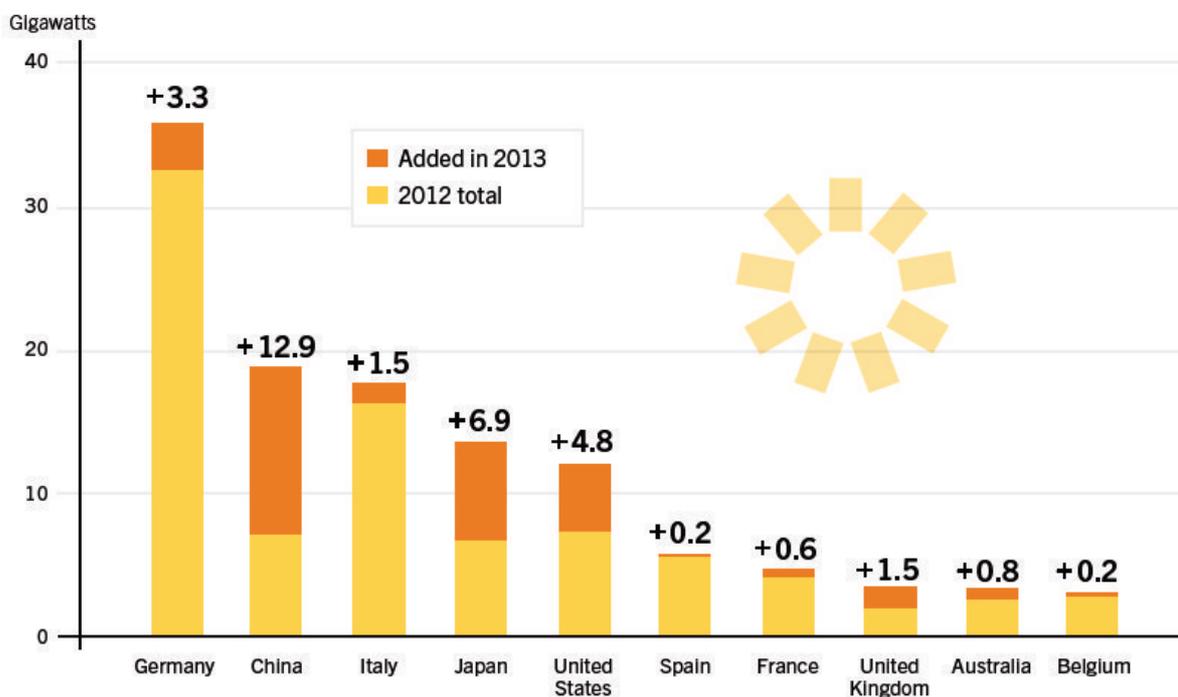
A geração de energia solar fotovoltaica passou a figurar significativamente na matriz elétrica de alguns países desenvolvidos.

“A potência global de geração fotovoltaica era de aproximadamente 100 GW em 2012. Somente no ano de 2012, o continente europeu adicionou 16,9 GW de sistemas fotovoltaicos à sua matriz energética. Já em 2013 a potência atingiu o patamar de 139 GW instalados, foram adicionados 39 GW no ano, sendo 12,9 GW apenas na China (33% do total adicionado), 6,9 GW no Japão (aproximadamente 18%), 4,8 GW nos Estados Unidos (12%), 3,3 GW na Alemanha (8%), 1,5 GW na Itália (4%) e quantidades menores em outros países. Em 2013 o cenário mundial de geração solar modificou-se ligeiramente, com maiores investimentos na China e no Japão, sendo que os dez maiores investidores, em ordem decrescente de capacidade total instalada, passaram a ser: Alemanha, China, Itália, Japão, Estados Unidos, Espanha, França, Reino Unido, Austrália e Bélgica”. (IZIDORO ET ALL, 2014)

A disseminação de conhecimento e credibilidade da tecnologia, aliada a políticas de isenção fiscal, tarifas-prêmio, compensação, entre outras, motivou a sociedade dos países pioneiros na geração de energia fotovoltaica.

“A Alemanha despontou no mercado de energia fotovoltaica a partir da década de 90, quando se propôs a se tornar um dos países com maior capacidade fotovoltaica instalada, com programas como One Thousand Rooftop e depois Hundred Thousand Rooftop. Houve o financiamento por parte do governo, e com o passar dos anos, como já observado, a tarifa-prêmio tem apresentado uma tendência esperada de decaimento, e a expectativa é de que o sistema feed-in seja substituído pelo net-metering brevemente. Outros países aplicaram projetos semelhantes, como o Real Decreto 661/2007 na Espanha (que fez com que 3,13 GWp fossem instalados de 2007 a 2008, levando o governo a estabelecer o Real Decreto 1578/2008, que limitou novas instalações a até 500 MWp ao ano) e o Sunshine no Japão. Deste modo, a partir da década de 90 houve um crescimento global expressivo do setor fotovoltaico, desenvolvimento que se deve às diversas formas de incentivo adotadas pelos países, em especial o feed-in”. (IZIDORO ET ALL, 2014)

Figura 4 - Capacidade de Geração Fotovoltaica em 2013



Fonte: REN21 (2014)

5.1 Energia Solar Fotovoltaica na Alemanha

A Alemanha é considerado o país com o mais bem-sucedido mecanismo de incentivo às fontes renováveis de energia. O país não é o mais rico em irradiação solar, mas por necessidade da matriz energética, adotou o sistema fotovoltaico como opção de geração de energia.

“O sistema de preços introduzido com o Electricity Feed Act (1991) – e posteriormente atualizado pela Renewable Energy Sources Act (2000) e pela emenda do Renewable Energy Sources Act (2004) - é a chave para o sucesso das energias renováveis na Alemanha. Apenas no ano de 2004, houve um aumento de aproximadamente 100% na potência FV instalada na Alemanha, que ao final de 2005 estava em aproximadamente 1,5 GWp conectados à rede elétrica pública, conforme a International Energy Agency”. (RÜTHER ET ALL, 2007)

Na Alemanha, a concessionária da rede de energia é obrigada a comprar do produtor independente a energia gerada através de fontes renováveis excedente, pagando uma tarifa-prêmio para cada KWh. O valor dessa tarifa-prêmio é ainda superior ao preço do KWh vendido pela concessionária. E este acréscimo é repassado aos consumidores que não utilizam energia limpa. É uma forma de beneficiar e estimular a geração de energia limpa em detrimento das fontes não limpas.

Figura 5 - Residência na Alemanha



Fonte: Sustentarqui (2014)

Tal incentivo ao produtor de energia limpa é pago gradualmente ao longo de 20 (vinte) anos, tempo de duração do programa, o que permite um retorno do investimento realizado inicialmente em cerca da metade do tempo do programa.

Desta forma, o país incrementa a matriz elétrica, auxilia na sustentabilidade da geração de energia, diminui a emissão de gases causadores do efeito estufa. Segundo Holm e Arch (2005), o sistema de pagamento de tarifa-prêmio é o mais adequado para promover as fontes renováveis de energia.

Nos países em desenvolvimento, este mecanismo também é o mais indicado, pois outras necessidades básicas devem ser supridas e os governos destes países não podem arcar com o investimento inicial destes sistemas.

Com o sistema de tarifa-prêmio, o governo não precisa investir recursos financeiros. O resultado desta estratégia foi uma explosão no mercado de painéis solares entre 2010 e 2012. As placas solares tomaram conta dos telhados e

paisagens da Alemanha, a qual se tornou exemplo na transição para energias renováveis.

O maior país em energia solar representa hoje 35% da produção mundial. O plano energético do país, denominado de *Energiewende*, pretende abandonar aos poucos as energias poluentes para implantação de energias renováveis. O percentual de energias renováveis deve ser elevado a 80% da matriz elétrica do país até 2050.

O vilarejo Schlierberg, em Freiburg, além da utilização das energias renováveis, integra o conceito de arquitetura sustentável. São 59 residências que compõem o bairro de aproximadamente 11.000 m². As casas têm instalações fotovoltaicas nos telhados, conforme figura 6 a seguir, aquecimento solar, sistemas de captação das águas das chuvas para irrigação de jardins e abastecimento das descargas de vasos sanitários e utilizam a iluminação natural.

Figura 6 - Vilarejo Schlierberg, em Freiburg



Fonte: Ecodesenvolvimento (2015)

O vilarejo é capaz de produzir quatro vezes mais energia do que consome. A Alemanha é o país desenvolvido exemplo de implantação de modelo político de incentivo ao uso de energias renováveis. Os modelos de geração de energia sustentável são implantados com acompanhamento e manutenção necessários à qualidade e longevidade dos sistemas. Não há relatos de programas abandonados ou sistemas com falhas operacionais não solucionadas.

A população acredita na tecnologia e investe na certeza de obter retorno financeiro e ganhos a toda a sociedade, num sistema onde todos ganham, produtor, sociedade e meio ambiente, conhecido como sistema ganha-ganha (win-win).

5.2 Energia Solar Fotovoltaica nos Estados Unidos

Nos Estados Unidos, os incentivos à geração de energia utilizando fontes renováveis ocorrem de diversas formas. Os sistemas de compensação (*net-metering*) estão associados a outros incentivos governamentais e variam de acordo com o estado americano, com a capacidade de geração de energia, com o tipo do sistema de geração e com o tipo de cliente.

Com estes incentivos, o país obteve grande destaque na matriz energética mundial na produção de energia solar fotovoltaica.

“O mercado de energia solar norte americano está em pleno crescimento, previa ter ao final de 2013 mais de 10 GW de capacidade instalada, e atingiu este patamar (SEIA, 2013). São aproximadamente 6100 empresas no mercado gerando mais de 119 mil empregos (SEIA, 2013). Somente no segundo trimestre de 2013 foram instalados 832 MW em geradores fotovoltaicos, com a previsão de chegar 4400 MW de potência fotovoltaica e ainda 900 MW de potência solar concentrada (CSP)”. (IZIDORO ET ALL, 2014 apud SEIS, 2013)

No ano de 2013, os Estados Unidos adicionaram mais 3,3 GWp à sua matriz energética. Ainda assim, abaixo da Alemanha que adicionou mais 7,6 GWp (giga-watt-pico) à sua capacidade fotovoltaica. Com uma capacidade fotovoltaica total de 7,7 GWp, o avanço anual registrado nos EUA (76%) foi ainda mais espetacular do que no país europeu (31%), embora este último tenha uma potência instalada quatro vezes maior. Nos últimos anos, o crescimento da energia fotovoltaica explodiu e a capacidade instalada está crescendo a um ritmo nunca visto no país do petróleo barato.

“Alguns dos incentivos governamentais são: Modified Accelerated Cost-Recovery System (MACRS): este programa é aplicável aos setores comercial, industrial e de agricultura, nos quais pode-se recuperar parte dos investimentos em energias renováveis, inclusive a fotovoltaica, através de bônus de depreciação. Business Energy Investment Tax Credit (ITC): é um programa que oferece créditos de impostos para sistemas de aproveitamento de energia renovável, inclusive sistemas fotovoltaicos, aplicável aos setores comercial, industrial, de agricultura e de utility. No caso

de sistemas fotovoltaicos o crédito é limitado a 30% dos investimentos. Residential Energy Conservation Subsidy Exclusion: aplicável ao setor residencial com um subsídio de 100% para instalação ou alteração das instalações de forma que reduza o consumo de energia elétrica ou gás natural". (IZIDORO ET ALL, 2014)

Nos Estados Unidos, gerar energia via conversão direta da luz solar nunca custou tão pouco. O preço médio de um sistema fotovoltaico caiu 27% em 2012 e 60% desde 2011 em relação ao ano de 2013.

E grande parte da culpa por essa explosão é um tipo de paixão que parece ter provocado não só os grandes serviços públicos, mas especialmente centenas de milhares de casas norte-americanas.

O maior crescimento em energia solar em 2014 nos Estados Unidos nos estados cujas respectivas leis apoiam uma maior adoção de sistemas fotovoltaicos. A Califórnia, com um tamanho semelhante a toda nação espanhola, ficou em primeiro lugar, seguido de Nevada, Carolina do Norte e de outras áreas menos associada no imaginário popular com a luz solar, como Massachusetts, Nova York e Nova Jersey.

Os Estados Unidos possui seis das dez maiores plantas de energia solar fotovoltaica do mundo, cinco delas no Estado da Califórnia, incluindo a maior de todas, a Desert Sunlight, com capacidade para 550 MW em uma área de 16 km², conforme figura 7 a seguir.

Figura 7 - Desert Sunlight, na Califórnia



Fonte: Smartsolar (2015)

A depender da legislação local de cada estado, os Estados Unidos adotaram incentivos geralmente associados, como sistemas de compensação de geração de energia excedente associado a isenção fiscal. O resultado foi um crescimento espetacular da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica do país.

5.3 Energia Solar Fotovoltaica no Moçambique

No Moçambique, mais de 80% da população não tem acesso à energia elétrica. A população é distribuída em diversas áreas isoladas, distantes entre si, o que inviabiliza financeiramente a instalação de redes de distribuição da energia elétrica, pois não há perspectiva de tempo do retorno do investimento.

“Apenas cerca de 10,5% dos domicílios têm acesso à eletricidade, sendo que destes mais de metade situam-se em Maputo e seus arredores. Todas as capitais provinciais e da maioria dos municípios são também abastecidas com eletricidade. A maioria desses centros urbanos está ligada à rede elétrica nacional que pertence e é operada pela concessionária de energia de Eletricidade de Moçambique (EDM). A maior parte da população encontra-se concentrada num pequeno número de centros urbanos. Aumentar o acesso à eletricidade nestas áreas tem-se mostrado difícil e dispendioso”. (SEBASTIÃO, 2013)

Uma alternativa identificada para eletrificação no Moçambique é a energia solar fotovoltaica. O país tem uma insolação favorável à tecnologia de painéis fotovoltaicos e, como a população vive em centros isolados, esta tecnologia se mostrou viável economicamente, mesmo diante da pobreza do país.

“Moçambique recebe uma quantidade considerável de Sol, com uma radiação média anual de 5 kWh / m² / dia, que oferece condições muito favoráveis para a energia solar fotovoltaica e térmica de desenvolvimento. E devido a sua localização junto a costa reúne ótimas condições para o desenvolvimento energias hídricas e/ou mini – hídricas. Por outro lado, nas áreas rurais a combinação de baixa densidade populacional e a pobreza severa e persistente é um fator importante para os custos de investimentos altos e a procura baixa”. (SEBASTIÃO, 2013)

O FUNAE, Fundo de Energia do Moçambique, empresa pública, elabora projetos sustentáveis de eletrificação do país, incluindo a tecnologia de geração de energia através de painéis fotovoltaicos.

“A energia solar tem a vantagem de ocorrer apenas em horas de maior consumo onde o seu valor é superior. A tecnologia tem sofrido fortes reduções de custo, que se espera continuem a verificar nos próximos anos. Esta perspectiva, juntamente com a rapidez de implementação, tornam a energia solar uma solução cada vez mais atractiva para Moçambique”.
(FUNAE, 2016)

Apesar de ser considerado país subdesenvolvido economicamente, o Moçambique é consciente da necessidade de investimentos da energia renovável solar.

“O governo deve, de forma continuada e sustentada procurar promover a busca da eficiência do uso das energias renováveis nas zonas rurais, incentivando o investimento de empresas, promover incentivos fiscais assim como ações de formação de boas práticas de gestão deste tipo de energias e procurando uma participação mais ativa da população local. Moçambique está a registar um crescimento anual na procura de eletricidade de 7%. O objetivo do Governo é alcançar uma taxa de eletrificação de 15% em 2019”.
(SEBASTIÃO, 2013)

A população do Moçambique é bem menor que a população brasileira. Porém, a situação de não acesso à energia elétrica é comparável à situação de inúmeros brasileiros que vivem em comunidades isoladas, distantes dos centros de distribuição de energia elétrica. No Moçambique, a energia solar fotovoltaica é vista como solução para a eletrificação dessas comunidades, independente da chegada da rede de distribuição.

6 ESTÍMULOS AO USO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

A primeira iniciativa do Governo Federal para uso de energia fotovoltaica no Brasil ocorreu em 1994, com o PRODEEM – Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios. Este programa destacou a energia fotovoltaica no país, principalmente através da eletrificação de residências, escolas, bombeamento de água e iluminação pública.

O sucesso do PRODEEM foi bastante marcante para o desenvolvimento da tecnologia no país, teve implantação em todos os Estados. Os sistemas foram instalados de junho de 1996 a dezembro de 2001 e implantados por todos os 26 Estados Brasileiros, especialmente nas Regiões Nordeste e Norte (VARELLA ET ALL, 2008). Mas o PRODEEM também teve repercussão negativa. Após a implantação dos sistemas fotovoltaicos, não houve manutenção adequada das instalações. Os sistemas ficaram obsoletos com o tempo e houve um desinteresse na tecnologia. Neste aspecto, a energia solar fotovoltaica ganhou o título de solução provisória, enquanto a energia “de verdade” não chegava.

Em 2002, foi criado o PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, porém, a energia solar fotovoltaica não fora contemplada pelo programa.

Dentre as razões estão o próprio escopo do Programa, concebido para atender apenas o Sistema Interligado Nacional – SIN e o elevado custo relativo desta tecnologia que, até então, a tornava mais competitiva economicamente apenas em regiões isoladas. (VARELLA ET ALL, 2008) Em 2004, foi iniciado o Programa Luz Para Todos – PLPT, responsável pela implantação de redes de distribuição em diversos locais do país, inclusive comunidades rurais isoladas.

Este programa surgiu com a intenção de incluir distribuição de energia elétrica a toda a população brasileira que antes não tinha acesso. O sucesso deste programa fora bastante significativo. Apenas um por cento da população brasileira não tem acesso à energia elétrica nos dias atuais. (Banco Mundial, 2016). Neste programa poucos projetos de energia solar fotovoltaica foram pleiteados

A geração de energia elétrica hoje no país já não é mais como nos anos anteriores. As usinas hidrelétricas operam a fio d'água e são necessárias medidas urgentes para suprir a crescente demanda por energia elétrica. Uma alternativa

emergente adotada foi a criação de usinas termelétricas, porém, tal medida, vem aumentando constantemente as tarifas cobradas ao consumidor final.

Em 2014, foram criadas as bandeiras tarifárias, sendo a vermelha a bandeira com as maiores tarifas em face dos maiores gastos com geração de energia, pelo aumento da operação de termelétricas e grandes secas que diminuiriam a capacidade das hidrelétricas.

É uma medida emergencial, porém, a médio e longo prazo, novas políticas de incentivo à geração de energia devem ser elaboradas, a fim de atender à demanda energética, bem como aliviar os impactos ambientais causados pelas usinas termelétricas.

6.1 Incentivos Fiscais

Para estimular a geração de energia solar fotovoltaica, foram implementadas as isenções de impostos que incidem sobre os produtos que envolvem tecnologia fotovoltaica.

“Os dois impostos mais relevantes que incentivam o uso de alguns equipamentos fotovoltaicos são o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços – ICMS, de competência estadual, e o Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI, de competência federal. Até início de 2008, o convênio ICMS 101/979 concede isenção do ICMS nas operações com alguns equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica. O benefício previsto somente se aplica aos equipamentos que forem isentos ou tributados através do Decreto 3827/01, que reduz a zero o IPI sobre diversos equipamentos e acessórios destinados à geração de energia elétrica. De acordo com fabricantes e revendedores de equipamentos fotovoltaicos, os módulos fotovoltaicos são os únicos equipamentos que atualmente são isentos de IPI e ICMS”.
(HENRIQUES ET ALL, 2015)

No Brasil, o incentivo à produção de placas solares ainda é baixo. Um dos fatores é que a energia solar fotovoltaica ainda é uma das mais caras, apesar deste valor reduzir ano a ano.

Outra razão para o aparente desinteresse no incentivo à produção de energia solar fotovoltaica é que a matriz energética brasileira é predominantemente

hidrelétrica, ou seja, também é de energia limpa, o que dificulta o desenvolvimento de novas tecnologias mais limpas.

O Governo não investe na tecnologia solar fotovoltaica, pois não há mercado para tal. Já as empresas não se interessam em produzir porque não há incentivos do governo. O mercado pode ser formado a partir do momento que algumas etapas são subsidiadas pelo governo.

6.2 Resolução 482 da ANEEL

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL publicou a Resolução Normativa nº 482, a qual estabelece condições de compensação de energia elétrica, permitindo que o consumidor implante na unidade sistema de micro e minigeração de energia, como o painel solar fotovoltaico, e troque energia com a concessionária local. Não há tarifação na energia excedente lançada na rede pelo micro e minigerador, mas apenas compensação da energia consumida e excedente. Desta forma, o consumidor pode reduzir o valor da fatura de energia elétrica.

“Ao optar por um complexo sistema de compensação de energia elétrica em vez de simplesmente remunerar o produtor da energia, o modelo brasileiro desconsiderou o principal motivador no sistema produção capitalista - o retorno financeiro. Nos termos em que foi posto, esse sistema somente interessa a quem possui mais de uma unidade consumidora sob a mesma distribuidora, vez que o consumidor acessante é obrigado ao pagamento do custo de disponibilidade do sistema ou da demanda contratada, mesmo que produza mais energia do que efetivamente consumiu dentro de um ciclo de faturamento. Aliás, nessa hipótese, o excedente é graciosamente entregue à distribuidora, ao menos nesse primeiro momento, caindo eventual retorno financeiro (a mencionada compensação) sujeito a um ciclo de faturamento futuro, no qual venha a consumir mais do que produziu, e desde que não ultrapassado o limite temporal de trinta e seis meses”. (MIRANDA, 2012)

Diferentemente dos modelos dos países desenvolvidos, não há um retorno do valor investido na implantação do sistema. A Resolução Normativa nº 482/2012, até o presente momento, não se mostrou viável para estimular o desenvolvimento de novas tecnologias, mesmo com as alterações implantadas no

fim de 2015, as quais apenas ampliam a validade dos créditos obtidos com a compensação.

Ao compensar nos mesmos termos a energia oriunda de fontes diversas, a norma incentiva o uso de fontes com menor relação custo-benefício em detrimento de outras com custos de produção mais altos como a solar. Com isso, perde a oportunidade de incentivar o aperfeiçoamento das tecnologias de captação e conversão de energia solar, para as quais o Brasil possui enorme potencial (MIRANDA, 2012).

6.3 Plano Decenal de Energia Elétrica (PDE 2024)

O Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2014 prevê investimentos em diversas formas de energia. De acordo com o plano, está prevista uma ampliação de 55,3% na capacidade instalada de geração de energia elétrica, que subirá de 132,9GW para 206,4GW (MME, 2015).

“O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2024 incorpora uma visão integrada da expansão da demanda e da oferta de diversos energéticos no período de 2015 a 2024. Cumpre ressaltar sua importância como instrumento de planejamento para o setor energético nacional, contribuindo para o delineamento das estratégias de desenvolvimento do país a serem traçadas pelo Governo Federal. O conceito de sustentabilidade orientou os estudos socioambientais desenvolvidos no PDE 2024 considerando questões associadas à redução dos impactos locais e globais sobre o meio ambiente na expansão da oferta de energia”. (MME, 2015)

O PDE 2024 é muito importante para o desenvolvimento e manutenção da matriz elétrica brasileira. O país sofre com a crise hídrica, as usinas hidrelétricas que compõe a grande parte da matriz elétrica do Brasil estão funcionando a fio d'água. O PDE 2024 surge como uma das principais ferramentas de gestão dos sistemas de geração de energia elétrica, planejados a médio prazo. É importante que este instrumento deixe de figurar apenas como papel burocrático e seja efetivo na aplicação.

6.4 Energia Solar no Programa Minha Casa Minha Vida

Os sistemas de aquecimento solar se tornaram equipamentos obrigatórios nos empreendimentos de casas do Programa Minha Casa Minha Vida, em todo o país, para beneficiários com renda de até três salários-mínimos.

Tal obrigatoriedade gerou bastante controversa. Na região Nordeste e Norte, localidades bastante quentes, este equipamento é subutilizado, pois a água para banho já é naturalmente aquecida nos horários de intenso calor. Com a subutilização nestas regiões, o equipamento não tem a devida manutenção e a vida útil é reduzida.

Por outro lado, a obrigatoriedade da instalação do referido equipamento o tornou mais popular, sendo encontrado em lojas de materiais de construção com mais facilidade e preços mais acessíveis comparativamente ao período anterior à sua aplicação obrigatória no Programa Minha Casa Minha Vida.

A obrigatoriedade da implantação gerou uma demanda enorme, o que fez crescer a escala de produção do produto e, conseqüentemente, reduziu o custo de produção e o valor de venda.

A popularidade deste produto incrementou a tecnologia e eficiência das placas de aquecimento e acumuladores de calor, o que permitiu maior concorrência das fabricantes e melhor qualidade dos produtos, para que os mesmos continuem bem-aceitos no mercado. A popularização do sistema de aquecimento solar com o Programa Minha Casa Minha Vida é um modelo a ser seguido pelas tecnologias de geração de energia fotovoltaica.

6.5 Fundo Socioambiental da Caixa Econômica Federal e a Energia Fotovoltaica

O Fundo Socioambiental Caixa financia projetos de Geração de Energia Solar como o exemplo do empreendimento habitacional em Juazeiro da Bahia.

A microgeração de energia utilizando painéis fotovoltaicos está cada vez mais difundido entre a sociedade. A ANEEL estima que até 2024 a geração de energia solar fotovoltaica supere a geração de energia das usinas nucleares de Angra 1 e 2 juntas.

O empreendimento do Programa Minha Casa Minha Vida de Juazeiro da Bahia conta com aproximadamente dez mil painéis solares, investimento no valor de R\$6.052.912,30 do Fundo Socioambiental Caixa (CAIXA, 2014).

Toda a energia gerada é vendida para consumidores livres. A renda líquida do projeto é variável, de acordo com o valor da energia comercializada no mercado livre. A distribuição dessa renda prevê a destinação de 30% para fundo de investimentos nos condomínios; 10% para despesas de manutenção nos condomínios; e 60% para distribuição aos beneficiários em situação regular nos financiamentos habitacionais.

“Para contribuir para o desenvolvimento do território nacional segundo critérios de sustentabilidade, a organização mantém o Fundo Socioambiental CAIXA (FSA CAIXA), que concede apoio financeiro a projetos desenvolvidos em parceria com órgãos públicos e outras entidades privadas. Em sintonia com os objetivos estratégicos definidos pela CAIXA, os investimentos do FSA são aplicados há dois anos em projetos da linha temática Cidades Sustentáveis. Outro eixo importante de ação são as iniciativas para erradicação da pobreza e preservação do meio ambiente.”
(CAIXA, 2014).

Além de promover a organização social das famílias, o projeto contribui ainda para geração de energia limpa e renovável, contribuindo para a redução de gases de efeito estufa.

7 PROPOSTA DE MODELOS

Neste trabalho será proposto projeto arquitetônico de casa unifamiliar que poderá ser construídas em áreas isoladas, com a estrutura interligada a painéis fotovoltaicos, de modo que a unidade habitacional seja autossuficiente em geração e consumo de energia e atenda a padrões satisfatórios e ao programa de necessidades impostos pelo Ministério das Cidades para construção através do Programa Nacional de Habitação Rural.

Para tanto, deverão ser considerados não só fatores de eficácia da geração de energia dos painéis fotovoltaicos, mas também a eficiência dos projetos arquitetônicos em função do conforto ambiental da unidade habitacional e da eficiência energética da edificação.

Da mesma forma, deve-se levar em consideração a aplicação de tal projeto em grandes escalas, tendo em vista que se trata de um programa habitacional nacional.

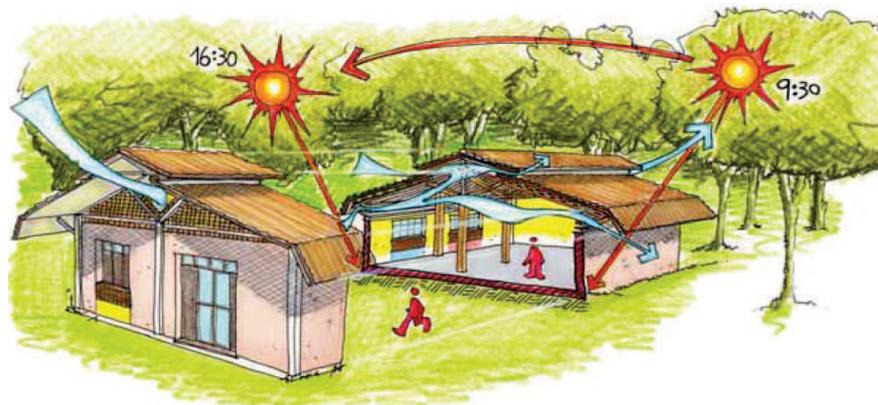
As propostas aqui apresentadas foram idealizadas para implantação em região com clima quente, o semiárido nordestino, região também com maior *deficit* habitacional.

7.1 Caracterização de Uma Casa Ecoeficiente

A casa ecoeficiente deve cumprir parâmetros mínimos de habitabilidade, segurança e salubridade, mas também conforto ambiental, eficiência energética e todo o processo de concepção, desde o projeto, aplicação de materiais de construção e operacionalização da unidade habitacional, deve ser sustentável.

O conforto ambiental de uma casa é mensurado a partir de aspectos como temperatura agradável, com ventilação natural predominante, proteção às intempéries externas como chuvas, radiação solar, acústica adequada a cada ambiente de acordo com as tarefas realizadas e iluminância também adequada às tarefas de cada ambiente, priorizando-se a iluminação natural.

Figura 8 - Aproveitamento da ventilação e iluminação naturais



Devem ser considerados ainda aspectos de salubridade, como a insolação direta de ambientes com o Sol da manhã nos cômodos sociais, a circulação de ventos para troca do ar dos ambientes e aspectos de conforto físico como espaços adequados, levando-se em consideração equipamentos ergonômicos e acessibilidade da edificação.

Os materiais a serem aplicados na construção das casas devem ser escolhidos, levando-se em consideração os custos, mas principalmente as funções, qualidades e disponibilidade de acesso a estes na região, priorizando recursos locais.

Deve-se considerar, ainda, a utilização de materiais em grande escala, pois empreendimentos de habitação popular têm a característica da repetitividade do projeto para viabilização econômica da implantação.

7.2 Certificação de Construções Sustentáveis

A certificação de construções sustentáveis promove a conscientização dos envolvidos nos empreendimentos, permite a redução na utilização de recursos naturais, garantindo o conforto e qualidade de vida dos seus usuários.

Existem diversas certificações para edificações sustentáveis, dentre elas, cabe destacar a LEED, a AQUA, PROCEL EDIFICA e o SELO CASA AZUL DA CAIXA. O LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um sistema de

certificação e orientação ambiental de edificações. Criado pelo U.S. Green Building Council, é o selo de maior reconhecimento internacional e o mais utilizado em todo o mundo, inclusive no Brasil.

O Processo AQUA é um Processo de Gestão Total do Projeto para obter a Alta Qualidade Ambiental do seu Empreendimento de Construção. Essa qualidade é demonstrada para seus clientes, investidores e demais partes interessadas por meio da certificação.

O PROCEL EDIFICA promove condições para o uso eficiente da eletricidade nas edificações, reduzindo os desperdícios de energia, de materiais, e os impactos sobre o meio ambiente.

O SELO CASA AZUL DA CAIXA exige que a construção seja aprovada a partir da análise de 53 critérios, entre obrigatórios e de livre escolha, nas seis diferentes categorias criadas: Qualidade Urbana, Projeto e Conforto, Eficiência Energética, Conservação de Recursos Materiais, Gestão da Água e Práticas Sociais (CONSTRUIR SUSTENTÁVEL, 2016).

O maior investimento inicial para certificação nas construções sustentáveis valoriza o imóvel e reduz os custos de operação e manutenção da edificação.

7.3 Projeto Arquitetônico com Energia Fotovoltaica Autossuficiente

O modelo desenvolvido de Projeto Arquitetônico atende as exigências do Programa Nacional de Habitação Rural, atende as Normas de Desempenho das edificações (NBR 15520 e NBR 15575), e possui alimentação elétrica gerada a partir de painéis solares fotovoltaicos instalados nos telhados da unidade habitacional, com capacidade de geração de energia suficiente para atender a toda a demanda da residência. O modelo foi desenvolvido para residência situada em região do semiárido, para as proximidades da capital do estado do Maranhão.

O Estado maranhense está localizado em zona equatorial úmida e quente, possui ventilação predominante vinda do Nordeste e está situado na Zona Bioclimática Brasileira 8 (NBR 15520). Com base nestas características, o projeto foi especificado com materiais de construção que proporcionam proteção térmica às temperaturas elevadas do local, mas, ao mesmo tempo, com aproveitamento da ventilação e iluminação naturais.

Como a região é de intenso calor, a temperatura interna da edificação deve ser igual ou inferior à temperatura externa na sombra. A seleção dos materiais para as esquadrias, vedações e cobertura foi realizada fundamentalmente com base nas características de desempenho térmico (NBR 15520).

7.4 Memorial Descritivo

O memorial descritivo envolve um conjunto de serviços e materiais de construção. Dentre os quais as esquadrias devem ser selecionadas considerando a menor condutividade térmica (regiões quentes) do material adotado. Na região do Maranhão, o vidro é equivocadamente adotado para as janelas, criando uma estufa no interior das edificações, reduzindo ainda a área de abertura das esquadrias. O material ideal para as janelas é a madeira. A condutibilidade térmica da madeira é de 0,15 W/m.K, quase dez vezes menor que o vidro comum utilizado em janelas, que é de 1 W/m.K (NBR 15520).

Para a vedação (paredes) foi adotado o tijolo cerâmico de seis furos (circulares), com medidas de 10x15x20 cm, assentados na menor dimensão ($\frac{1}{2}$ vez), revestidos com argamassa de cimento e areia (chapisco, emboço e reboco) com espessura de 2,5 cm. A espessura total da parede de vedação é de 15 cm. Pintadas por fim com tinta branca adequada às intempéries no lado externo e tinta Látex PVA internamente, também na cor branca. A escolha da cor e da rugosidade do revestimento influencia diretamente no desempenho térmico e de iluminância. Quanto mais lisa e clara for a superfície, maior a refletância de calor e de luz.

Para a região, a cobertura ideal é a telha cerâmica colonial, tendo em vista a capacidade de refletância da radiação solar, o que garante melhor condicionamento térmico no interior da edificação.

A cobertura em telha cerâmica é ideal para a fixação dos painéis solares fotovoltaicos, pois não transmitem calor aos painéis, pois o ar circula no encaixe das telhas (capa e canal) e a inclinação da cobertura é propícia à inclinação necessária dos painéis fotovoltaicos na região sugerida (Fig. 1). O partido arquitetônico beneficiou o posicionamento dos painéis, os quais devem ficar voltados para o Norte, para melhor aproveitamento da insolação durante todo o período de sol. Os componentes construtivos das casas e os procedimentos de execução dos serviços atendem às normas da ABNT, aos critérios de conforto ambiental e, na medida do

possível, integra materiais de construção disponíveis na maioria das praças de construção civil do Brasil.

Figura 9: Perspectiva do modelo proposto de Unidade Habitacional Rural



Fonte: Victor Mota (2016)

Tão importante quanto a seleção do material adequado é o partido arquitetônico a ser adotado, o *layout* da edificação, o posicionamento das aberturas e altura do pé direito para circulação do ar. O presente projeto foi elaborado considerando a captação dos ventos predominantes e a circulação por todos os ambientes da casa de permanência significativa dos usuários.

O partido arquitetônico privilegiou a posição da casa em relação ao Sol e aos ventos. Nota-se que a edificação foi posicionada com frente para o Nascente (Leste), beneficiando a iluminação natural matinal.

Não foi aplicado forro para os cômodos da casa, com exceção para o banheiro. Porém, foi garantido um pé-direito mínimo de 2,50 m nas alturas mais baixas do telhado, o que permite uma melhor troca de calor e melhor aproveitamento da inversão térmica (o ar quente sobe e o ar frio desce).

Figura 10: Planta de layout e indicação do fluxo dos ventos predominantes



Fonte: Victor Mota (2016)

No mais, as aberturas das esquadrias foram posicionadas para proporcionar ventilação cruzada quando todas abertas, circulando ar por toda a unidade habitacional, garantindo conforto térmico aos usuários da edificação a temperatura amena (LAMBERTS ET ALL, 2014).

Comparando-se o projeto elaborado a um modelo arquitetônico crítico de eficiência energética, com vedação em paredes de concreto e cobertura em telhas de fibrocimento, temos a seguinte relação, conforme tabela I a seguir:

Tabela I: Comparação de materiais aplicáveis a edificações

Tipo de Parede	Transmitância Térmica (U) W/m².K	Atraso Térmico (φ) horas
Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0cm	2,28	3,7
Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 10,0cm	4,4	2,7
Tipo de Cobertura	Transmitância Térmica (U) W/m².K	Atraso Térmico (φ) horas
Cobertura de telha de barro sem forro Espessura da telha: 1,0 cm	4,55	0,3
Cobertura de telha de fibrocimento sem forro Espessura da telha: 0,7 cm	4,6	0,2

Fonte: NBR 15520 (2003)

O atraso térmico também influencia na qualidade térmica da edificação. O atraso térmico é o deslocamento dos picos de temperatura. O aumento do atraso térmico com a utilização de materiais específicos pode deslocar o pico de calor para horários menos quentes.

As temperaturas extremas com sol a pino na região 12 horas se deslocam para 16 horas com alvenarias de tijolos cerâmicos e para 15 horas em alvenarias de concreto. Às 16 horas as temperaturas externas estão mais amenas e os ventos compensam o deslocamento de horário das temperaturas nas alvenarias.

O modelo proposto proporciona uma eficiência energética maior que o modelo crítico, garantindo conforto térmico e reduzindo o consumo de energia elétrica na edificação.

As tipologias locais de casas de taipa não foram comparadas pela característica mista e não perfeitamente conhecida dos materiais utilizados, bem como pela ausência de salubridade e segurança na referida tipologia de edificação, incompatíveis ao desenvolvimento sustentável urbano.

7.5 Demanda Energética e Projeto Solar Fotovoltaico

A demanda energética dos equipamentos elétricos da casa foi computada a partir da quantidade média de habitantes, dos eletrodomésticos essenciais e inseridos na cultura doméstica brasileira como refrigerador e máquina de lavar roupas, e dos equipamentos eletrônicos de entretenimento e informação como o televisor e o rádio.

A demanda previu ainda a iluminação da unidade habitacional e reserva energética para inserção de outros aparelhos eletrônicos. Todos os equipamentos foram selecionados considerando-se ainda a sua eficiência energética.

Assim sendo, as lâmpadas escolhidas foram de LED e os eletrodomésticos com baixo consumo de energia.

Tabela II: Cálculo da demanda energética básica da residência modelo

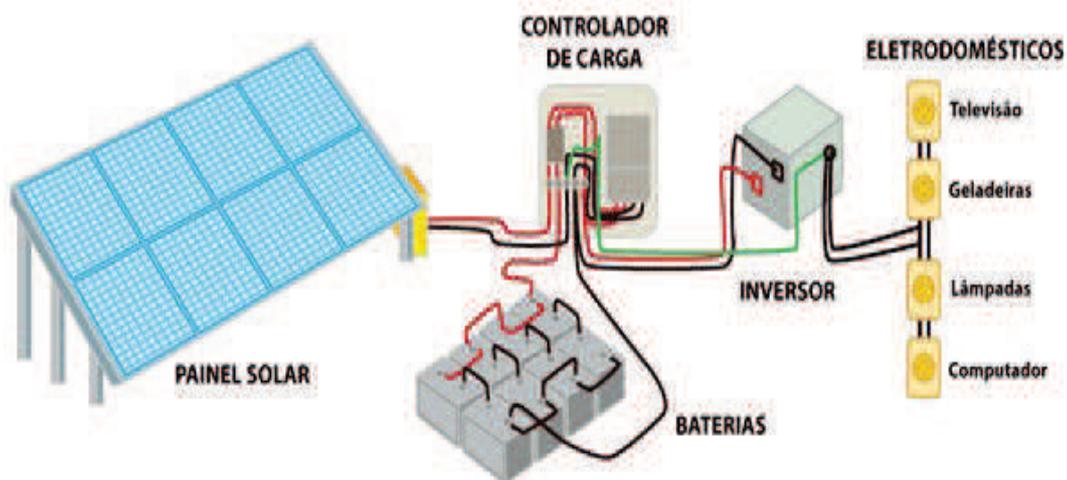
EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	POTÊNCIA (W)	TOTAL (W)
Lâmpada LED	7	10	70
Geladeira 260L	1	90	90
Máquina de Lavar Roupas	1	100	100
Televisão LED 32"	1	77	77
Tomadas de Uso Geral	4	100	400
		TOTAL	737

Fonte: Victor Mota (2016)

A evolução da tecnologia quanto à eficiência dos equipamentos é um importante passo para o desenvolvimento das fontes de energia renovável como a solar fotovoltaica, pois permite a redução do consumo de energia elétrica, mantendo a finalidade a que o equipamento se destina com qualidade.

O sistema de geração de energia solar fotovoltaico é composto pelos painéis fotovoltaicos, por um controlador de carga, pelo inversor que transforma a corrente contínua para corrente alternada e pelo sistema de armazenamento de energia (banco de baterias), conforme figura 11 a seguir:

Figura 11: Esquema de ligação do sistema fotovoltaico off-grid



Fonte: CRESESB (1996)

O controlador é o responsável por regular a energia fornecida pelos painéis que será armazenada nas baterias. Os painéis geram energia em corrente contínua, sendo necessária a conversão em corrente alternada, que é o padrão de uso doméstico no Brasil. O inversor é de fácil manuseio e operação, bastando o “reset” da configuração para reinício das operações em caso de alguma irregularidade, funcionando de modo plenamente automático, com segurança contra surtos e descargas elétricas.

O armazenamento de energia é realizado em baterias estacionárias, monitoradas por um controlador de carga, projetadas especificamente para este tipo de operação. Usualmente utiliza-se baterias seladas evitando-se a emissão de gases, não demandando manutenção. O projeto da residência prevê local adequado para a locação das baterias, na parte externa da casa.

O projeto foi elaborado considerando uma descarga de 40% da capacidade das baterias, de forma a preservar a vida útil.

Para recarga das baterias, os painéis foram dimensionados de modo a proporcionar energia suficiente para toda a demanda energética da residência nos horários de pico solar mais a recarga das baterias a 10% da capacidade por hora, o que garante recarga total em dia de sol, mesmo com a demanda energética de todos os equipamentos da residência. As baterias foram dimensionadas ainda para suprir energia durante dois dias à residência.

Os painéis solares possuem facilidade de limpeza e manutenção, e modularidade. A manutenção pode ser feita pelo próprio usuário da residência, pois o material é resistente e lacrado. A modularidade do sistema permite a ampliação da capacidade de geração de energia, que pode acompanhar o crescimento da família e da própria residência, também projetada para futuras ampliações.

Com base nos dados do INMETRO, calculando-se a potência dos equipamentos e a quantidade de horas utilizadas por dia, segue na Tabela III o dimensionamento do sistema:

Tabela III: Cálculo do consumo para dimensionamento do sistema

EQUIPAMENTO	TOTAL DE W/Dia	TOTAL DE Kwh/Mês
Geladeira	830	24,9
Televisão	539	16,17
Lava Roupa	200	6
Iluminação	150	4,5
Tomadas de Uso Geral	400	12
TOTAL	2119	63,57

Fonte: Victor Mota (2016)

Considerando-se baterias de 12V, temos a quantidade de Ah (ampères hora) ao dia calculada pela divisão do consumo diário por essa tensão. O consumo diário foi calculado inicialmente desconsiderando-se a energia a ser armazenada nas baterias:

$$2119 / 12 = 176,58\text{Ah/dia}$$

Para um banco com baterias de 120Ah de capacidade, tem-se a quantidade destas dividindo-se a quantidade de ampères hora (Ah) ao dia pela capacidade da bateria:

$$176,58 / 120 = 1,47 \text{ baterias}$$

As baterias possuem uma profundidade de descarga máxima para garantir a durabilidade da mesma. Para tanto, deve-se considerar uma profundidade de descarga de 40%. Assim sendo, aplica-se um fator de segurança de descarga de 40% ao valor da quantidade de baterias:

$$1,47 / 0,40 = 3,67 \text{ baterias}$$

Como proposto, o sistema deverá garantir autonomia para até dois dias consecutivos, para o caso de ausência de sol neste período. Assim sendo, o banco de baterias deverá ser dobrado.

$$3,67 * 2 = 7,35 \text{ baterias}$$

Aproximando o valor para o número imediatamente superior, temos um banco de 08 (oito) baterias, de 12V cada, arranjadas em série/paralelo para uma tensão de 24V, devidamente condicionadas no espaço projetado ao lado do acesso externo da cozinha.

Os painéis devem ser dimensionados considerando-se as demandas energéticas dos equipamentos da residência, mas também a capacidade de suprir energia suficiente para recarregar as baterias.

Este ponto é crítico, pois não basta aumentar a capacidade de geração de energia dos painéis, visto que o banco de baterias tem capacidade de recarga de 10% da capacidade por hora. Isto significa que para otimizar a recarga das baterias seria necessário mais tempo de insolação e não necessariamente mais potência de energia gerada. É o chamado C10, característica das baterias, ponto crítico do sistema.

Desta forma, a demanda energética da residência aumentará com a necessidade de recarga das baterias. Considerando-se 05 horas de insolação útil, as baterias serão recarregadas a 12Ah por hora. Ao todo são oito baterias, cada uma com 12V, o que totaliza 480 Wh/dia.

A energia a ser recolocada no banco corresponde ao 40% da capacidade nominal, isto é, 384Ah em um dia. Isso corresponde a uma carga de 4.608Wh/dia, que somado com a carga dá uma estimativa da dimensão do conjunto de painéis.

O modelo escolhido de painel fotovoltaico possui potência de pico de 240 W. Para cinco horas de insolação diária, temos o seguinte cálculo aproximado de potência:

$$240 \times 5 = 1200 \text{ Wh/dia}$$

A demanda total a ser suprida pelo conjunto de painéis é:

$$4708 + 2119 = 6727 \text{ Wh/dia}$$

Logo, o número de painéis FV é estimado como segue:

$$6727 / 1200 = 5,6 \text{ painéis}$$

Aproximando para o número inteiro superior, o arranjo fotovoltaico será formado por 6 painéis de 240Wp conectados em série/paralelo para fornecer uma tensão CC equivalente de 24V.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O projeto idealizado é benéfico ao desenvolvimento social e econômico da comunidade. A melhoria da qualidade de vida das pessoas que vivem em situações precárias, dignifica o cidadão e o estimula a buscar melhores condições de sustentabilidade social. A garantia de conforto aos seus entes familiares é uma preocupação a menos na vida dessas comunidades excluídas.

O retorno econômico para a União com a implantação deste projeto também é significativo. A dedicação ao trabalho do cidadão do campo é maior quando se tem qualidade de vida.

8.1 Integração de Requisitos

O planejamento, através de projeto arquitetônico por profissional habilitado e com conhecimentos é de grande importância para a eficácia e eficiência da edificação.

Figura 12 - Eficiência Energética na Arquitetura



Fonte: Lamberts (2014)

A eficiência energética da edificação, através da otimização do conforto ambiental é capaz de reduzir a demanda energética das placas solares, de modo a

reduzir a necessidade de geração de energia elétrica, compactando o sistema de painéis fotovoltaicos e evitando desperdícios de energia.

O modelo integrado proporciona em prazo imediato conforto ao usuário e isenção de contas de energia. A longo prazo, poderá proporcionar oferta de energia a toda a população isolada das redes de distribuição elétrica, auxiliará na redução do custo da energia elétrica para o consumidor com a popularização da tecnologia fotovoltaica e na redução de poluentes e redução do aquecimento global.

8.2 Viabilidade Técnico-Econômica

Os materiais a serem aplicados na construção de casas ecoeficientes devem ser escolhidos, levando-se em consideração os custos, mas principalmente as funções, qualidades e disponibilidade de acesso na região, priorizando recursos locais.

Deve-se considerar a utilização de materiais em grande escala, pois empreendimentos de habitação popular têm a característica da repetitividade do projeto para viabilização econômica da implantação. O orçamento analítico para o projeto apresentado foi realizado levando-se em consideração os valores de mercado do mês de dezembro de 2015, para o município de São Luís – MA, com base nas medianas dos valores das composições dos serviços constantes do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (CAIXA, 2015), sistema de referência para obras públicas, mantido pela Caixa Econômica Federal.

O valor calculado para a unidade habitacional, sem considerar o sistema de abastecimento de energia elétrica foi de R\$49.361,55 (quarenta e nove mil, trezentos e sessenta e um reais e cinquenta e cinco centavos), conforme orçamento anexo.

O valor do sistema de minigeração de energia fotovoltaico integrado à edificação proposto, conforme especificações, foi estimado em R\$9.103,78 (nove mil, cento e três reais e setenta e oito centavos), em janeiro de 2016. Quanto maior a quantidade de sistemas demandados, maior a escala de produção, o que reduz os custos de produção.

O valor final calculado para a unidade habitacional com o sistema de geração de energia fotovoltaico, incluindo sistemas de conversão e armazenamento

de energia, foi de R\$58.465,33 (cinquenta e oito mil, quatrocentos e sessenta e cinco reais e trinta e três centavos). O projeto arquitetônico proposto possui 45,35m² de área construída. O custo do metro quadrado do projeto proposto é de R\$1,289,20 (mil, duzentos e oitenta e nove reais e vinte centavos).

Comparando-se este valor ao Custo Unitário Básico – CUB (SINDUSCON/MA, 2015), do Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Estado do Maranhão, no mesmo período (dezembro de 2015), para construção de unidade residencial popular, de R\$1.105,88 (mil, cento e cinco reais e oitenta e oito centavos) por metro quadrado, temos uma diferença financeiramente equivalente a 16,5% (dezesesseis vírgula cinco por cento). Esta diferença pode ser interpretada como o custo do conforto ambiental e qualidade de vida aos usuários fornecidos pela edificação proposta.

O valor total inclui mão de obra e aquisição de materiais para os serviços necessários. Há de se observar que os programas de habitação de interesse social na zona rural podem utilizar o próprio beneficiário da unidade habitacional como mão de obra na construção das casas, em regime de mutirão assistido ou autoconstrução assistida (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2009), reduzindo desta forma até 35% do valor orçado.

O custo total da construção da casa com arquitetura ecoeficiente e geração de energia elétrica autônoma através da energia do sol nos painéis fotovoltaicos é insignificante diante do benefício social que pode advir deste sistema.

O desenvolvimento social é a base para o desenvolvimento econômico. Uma comunidade rural isolada que não possui energia elétrica e condições mínimas de habitabilidade não tem condições suficientes para o desenvolvimento sustentável da população nos moldes da cultura atual. Uma vez com acesso à energia elétrica e moradia digna, a comunidade é capaz de produzir mais empregos e consequentemente renda. Condição fundamental para proporcionar melhor alimentação, saúde, educação, lazer e oportunidades de crescimento.

A proposta é viável sob o aspecto técnico e econômico.

8.3 Análises Taxonômicas

O Brasil possui 99,50% da população com acesso à energia elétrica. Apesar do percentual estar próximo de 100%, mas o país ainda possui aproximadamente um milhão de habitantes sem acesso à eletricidade nas residências. A maioria destes habitantes estão na zona rural, totalizando cerca de 250 mil casas sem energia elétrica.

Países desenvolvidos como a Alemanha, a França, a Espanha e os Estados Unidos possuem 100% da população com acesso à eletricidade. As políticas de incentivo às energias renováveis são mais consolidadas nestes países comparando-os ao Brasil.

Já nos países subdesenvolvidos como a África do Sul e o Moçambique, o acesso à eletricidade ainda está longe do ideal. Porém, as políticas de incentivo às energias renováveis são bem evidentes.

Tabela IV: População com acesso à energia elétrica

País	Percentual	Total de Habitantes
Alemanha	100,00%	80889505
França	100,00%	66206930
Espanha	100,00%	46404602
Estados Unidos	100,00%	318817056
África do Sul	85,40%	54001953
Brasil	99,50%	206077898
Moçambique	20,20%	27216276

Fonte: Banco Mundial (2014)

O Brasil tem a maior incidência de insolação diária, comparando-o a países como Alemanha, França, Estados Unidos e Espanha. Mas não está entre os maiores produtores de energia solar fotovoltaica.

A região com menor insolação por metro quadrado do Brasil ainda é 40% mais propícia à geração de energia fotovoltaica que a região com maior insolação por metro quadrado da Alemanha, principal geradora de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos.

Tabela V: Insolação diária por metro quadrado

País	Insolação Diária em kWh/m ²
Alemanha	1000 – 1200
França	1100 – 1700
Espanha	1200 – 1950
Estados Unidos	1200 – 2200
África do Sul	1450 – 2350
Brasil	1500 – 2300
Moçambique	1700 – 2150

Fonte: Banco Mundial (2014)

O Brasil está entre os países com matriz elétrica predominantemente composta por energias que utilizam fontes renováveis, porém, a energia fotovoltaica produzida no país é quase insignificante.

Esta posição do Brasil de gerar energias predominantemente renováveis, devido às hidrelétricas, gerou um certo acomodamento no planejamento elétrico do país.

Atualmente, o país passa por uma crise energética e tem a necessidade de implantar medidas emergenciais de curto prazo com termelétricas, adiando cada vez mais um planejamento a médio longo prazo de implantação efetiva de geração de energia fotovoltaica.

Tabela VI: Matriz Energética de Países Desenvolvidos e Subdesenvolvidos

País	Solar	Óleo	Carvão	Gás	Nuclear	Hidráulica	Outras	Energias Renováveis
Alemanha	4,77%	1,00%	47,50%	10,60%	15,50%	3,20%	17,43%	24,10%
França	0,82%	0,60%	4,30%	3,10%	74,30%	12,50%	4,38%	17,20%
Espanha	4,67%	4,90%	14,80%	20,30%	20,20%	13,10%	22,03%	39,50%
Estados Unidos	0,29%	0,80%	40,20%	26,90%	19,20%	6,30%	6,31%	12,50%
África do Sul	0,02%	0,10%	93,80%	0,00%	5,10%	0,80%	0,18%	0,96%
Brasil	0,00%	3,60%	2,40%	11,30%	2,40%	70,70%	9,60%	78,40%
Moçambique	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	0,00%	99,90%	0,00%	99,90%

Fonte: MME, 2015

A legislação dos países desenvolvidos voltada para a geração de energia fotovoltaica está bem consolidada comparando-a ao Brasil. Mesmo países subdesenvolvidos estabelecem prioridades de planejamento de geração de energia elétrica e atendimento de comunidades isoladas, com eficiência.

Tabela VII: Comparação dos modelos fotovoltaicos

Estados Unidos	Cada Estado possui sua legislação. Incentivos a cada tipo de usuário e gerador de energia.	A radiação solar incidente não é a maior. Isenção de impostos para implantação do sistema.	A sociedade apostou na ideia. Mesmo porque o retorno financeiro, social e ambiental é garantido.
Africa do Sul	Para a implantação do programa de eletrificação rural se faz necessária a atribuição de responsabilidades às comunidades locais para gestão do sistema e alocação dos recursos financeiros para os projetos.	95% do equipamento fotovoltaico é subsidiado 5% pago pelas comunidades de agricultores e / ou trabalhadores agrícolas. Estes são responsáveis pela manutenção e Substituições dos equipamentos.	Um terço dos sistemas não funciona mais. Mais de metade dos sistemas mostrou problemas técnicos.
Brasil	A legislação do Brasil acerca da energia fotovoltaica ainda está nos primeiros passos e desenvolvendo de forma bastante lenta, mesmo comparada a países subdesenvolvidos. A Resolução da ANEEL não convenceu, ainda, a sociedade a investir na tecnologia.	As implantações são pontuais, sem qualquer programa do governo que demande produção e implantação em grande escala.	Após a Resolução 482 da ANEEL, grande parte da sociedade tomou conhecimento maior acerca da microgeração de energia fotovoltaica, porém, boa parte não investe ainda na tecnologia.
Moçambique	A população é distribuída em comunidades isoladas. Há incentivos do governo para pequenas usinas e geração solar fotovoltaica.	O país tem cerca de 80% da comunidade sem acesso à eletricidade. A energia solar fotovoltaica se mostra como a mais viável.	A sociedade acredita na tecnologia fotovoltaica para eletrificação rural.

Fonte: Victor Mota, 2016

8.4 Perspectivas de Mercado

O atual momento de crise energética do país é propício para o desenvolvimento da tecnologia de painéis fotovoltaicos. Esta tecnologia se mostra sustentável e a implantação ao longo do território brasileiro se mostra bastante viável do ponto de vista técnico e financeiro.

A energia solar fotovoltaica pode ser a solução definitiva para eletrificação de comunidades rurais isoladas, bem como solução para incrementar a matriz energética brasileira através da mini e microgeração de energia. Para tanto, são necessários maiores incentivos dos governos para produção e aquisição dos sistemas fotovoltaicos e para a geração de energia excedente ao consumo individual com a implantação de tarifas-prêmio.

Em prazo não muito distante, será possível reduzir os custos de produção dos sistemas de geração de energia fotovoltaica com a comercialização em escala.

Para tanto, é necessário fomentar a tecnologia de geração solar fotovoltaica.

8.5 Atuação da Caixa Econômica Como Principal Agente Financeiro de Políticas Públicas

A Caixa herdou o extinto BNH – Banco Nacional de Habitação. Possui quadro técnico de funcionários habilitados para discussões da construção civil e da eletrificação rural. Portanto, possui competência para auxílio na implementação de sistemas solares fotovoltaicos em unidades habitacionais, seja através de financiamentos no setor ou através de subsídios do Governo Federal.

Além de parceira da União em políticas Públicas de desenvolvimento sustentável das cidades, é instituição financeira de credibilidade entre as grandes empresas e a população brasileira, desde a classe popular aos clientes de classe média e alta.

A instituição administra fundos de investimentos em desenvolvimento social e ambiental. Como principal agente financeiro do governo federal na implantação de políticas públicas, a Caixa Econômica Federal com o seu “*know how*” pode se tornar também um importante agente na fomentação da tecnologia solar fotovoltaica.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de projeto proposto para unidade habitacional autossuficiente em geração e consumo de energia elétrica, atendendo critérios de conforto ambiental e eficiência energética, para localidades isoladas dos grandes centros urbanos, viabiliza aos possíveis usuários qualidade de vida.

Trabalhos similares têm sido desenvolvidos e reportados em inúmeros artigos e relatórios. Entretanto, o valor do presente artigo está no fato de abordar um problema real e sistêmico nos programas de habitação rural, que exclui tacitamente uma importante parcela da população rural, atrasando ou simplesmente obstaculizando o acesso a melhores condições de vida.

O modelo proposto, além de contribuir com eco-eficiência e autonomia energética, apresenta custo muito competitivo, e está sendo proposto como solução ao Programa Nacional de Habitação Rural, para tornar elegíveis para este o programa todos os residentes em área rural, sem exclusão.

É notória a importância da arquitetura das edificações para a eficiência energética dos sistemas solares fotovoltaicos. A integração do sistema à edificação é essencial para o bom desempenho da edificação e da geração de energia.

Para tanto, observa-se que a escolha adequada dos materiais de construção, aliada às técnicas de elaboração de projetos arquitetônicos sustentáveis, é fundamental para tal integração.

O planejamento de utilização da energia fotovoltaica no Brasil está por demais lento e deve ser priorizado tanto em pesquisas como em implantação efetiva. Não bastam as políticas serem aplicadas somente em textos se não forem aplicadas na prática.

O crescimento da demanda por painéis fotovoltaicos estimulará a indústria e o comércio, bem como fomentará novas políticas de incentivos à geração de energia limpa, a exemplo de países desenvolvidos que incluíram definitivamente a geração de energia fotovoltaica em sua matriz energética, concedendo tarifas-prêmio, isenções de impostos e outras formas de incentivo aos geradores de energia limpa.

A Caixa Econômica Federal é importante parceira da União na implantação efetiva de políticas públicas de desenvolvimento sustentável das cidades. Esta condição de parceria deve ser estendida também às políticas de

planejamento energético do país, para minimizar e reduzir a zero a quantidade de pessoas sem acesso à energia elétrica em suas residências.

Como instituição financeira, é uma ótima oportunidade para disseminar a tecnologia de sistemas solares fotovoltaicos, através de financiamentos destes equipamentos, seja na área rural, isoladas dos grandes centros de distribuição de energia elétrica, ou nos grandes centros, incentivando-se a microgeração de energia interligada à rede das concessionárias.

A Caixa Econômica Federal é uma instituição de nível nacional, ao alcance de toda a população brasileira através dos seus diversos canais de atendimento, com credibilidade ilibada para fomentar tais políticas e implantações voltadas a esse sistema de energia elétrica fotovoltaica. Como operadora do Programa Nacional de Habitação Rural, pode se tornar o canal para a integração da eletrificação rural através de painéis fotovoltaicos às unidades habitacionais isoladas dos centros urbanos e da rede de energia da concessionária pública.

REFERÊNCIAS

ARVIZU, D., P. BALAYA, L. CABEZA, T. HOLLANDS, A. JÄGER-WALDAU, M. KONDO, C. KONSEIBO, V. MELESHKO, W. STEIN, Y. TAMAURA, H. XU, R. ZILLES, 2011: **Direct Solar Energy**. In **IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation** [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Partes 1 a 5. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais — Desempenho**. Partes 1 a 5. Rio de Janeiro, 2013.

BENITO, T. P. **Práticas de Energia Solar Fotovoltáica**. Portugal: Editora Publindústria Edições Técnicas.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Relatório de Sustentabilidade Caixa 2014**. Brasília. 2015.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Disponível em <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em 28 de janeiro de 2016.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Uso de energia solar na Bahia é tema de reportagem no Fantástico**. Intranet. Jornal da Caixa. 18 de maio de 2015.

CONSTRUIR SUSTENTÁVEL. **Selos**. Disponível em <http://www.construirsustentavel.com.br/green-building/selos#ixzz46q8XGelm>. Acesso em: 20 abril 2016.

DSIRE - DATABASE OF STATE INCENTIVES FOR RENEWABLE AND EFFICIENCY. Disponível em <http://www.dsireusa.org/>. Acesso em: 20 dez. 2013.

ECODESENVOLVIMENTO. **Bairro alemão que apostou na energia solar produz quatro vezes mais eletricidade do que consome**. Portal EcoD. 2015. Disponível em http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2015/agosto/bairro-alemao-que-apostou-na-energia-solar-produz/popup_impressao. Acesso em 01 dez 2015.

FRAIDENRAICH, N. **Tecnologia Solar no Brasil. Os próximos 20 anos**. Grupo de Pesquisas em Fontes Alternativas de Energia. Universidade Federal de Pernambuco. 2005.

GOLDENBERG, J. e LUCON, O. **Energia e Meio Ambiente no Brasil**. Estudos Avançados, 21, (59), 2007, 7-20.

HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. dos. **Energia e Meio Ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2010, 708p.

HOLM, D., ARCH, D. **Renewable Energy Future for the Developing World**. White Paper, 2005. Disponível em: <http://www.ises.org/fileadmin/user_upload/PDF/ISES_WP_developing_countries__English_.pdf>. Acesso em 23 de setembro de 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Informação ao Consumidor. Tabelas de Consumo / Eficiência Energética**. Brasil. 18/01/2016. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>. Acesso em 26/01/2016.

IZIDORO, Bruna C.; ORSI, Gustavo C.; CORDEIRO, Leandro R. **Estudo do panorama nacional para sistemas fotovoltaicos conectados à rede após a resolução 482/2012 da ANEEL**. 2014. 171 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Eletrotécnica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª Edição. Eletrobras Procel. 2014

LEAL, U. **Três não é demais**. Construção Mercado, São Paulo, n. 109, p. 20-24, ago. 2010. C. E. S. Análise de Viabilidade Técnica / Econômica. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2007.

MCEC - **MASSACHUSETTS CLEAN ENERGY CENTER**. Disponível em: <<http://www.masscec.com/technology/solar-electricity>>. Acesso em 19 dez. 2013.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Programa Nacional de Habitação Rural**. Brasília. 2009. Cartilha do PNHR. MCMV. Disponível em http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/cartilha_pnhr_2.pdf. Acesso em 28 de janeiro de 2016.

MIRANDA, V. S. dos P. **A Lei Alemã de Fontes Renováveis de Energia em Confronto com a Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL**. Série Aperfeiçoamento de Magistrados 17 – Desenvolvimento Sustentável. Escola de Magistratura do Rio de Janeiro. 2012.

NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY – NREL. **Open PV State Rankings**. Disponível em <<https://openpv.nrel.gov/rankings>>. Acesso em: 13 de jan.

PROENÇA, E. D. R. B. **A Energia Solar Fotovoltaica em Portugal - Estado-da-arte e Perspectivas do Desenvolvimento**. Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa. 2007.

REIS, L. B. dos; FADIGAS, E. A. F. A.; CARVALHO, C. E. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento Sustentável**. São Paulo: Editora Manole, 2ª edição, 2012, 447p.

RUTHER, R.; SALAMONI, I.; MONTENEGRO, A.; BRAUN, P.; FILHO, R. D. **Programa De Telhados Solares Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica Pública no Brasil**. XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. 07 a 10 de outubro de 2008. Fortaleza – CE.

SAAVEDRA, O. R.; OLIVEIRA, S. H. de; MATOS, J. G. de. **A Geração Solar e Eólica como Vetor de Desenvolvimento Sócio-Econômico em Comunidades Isoladas no Maranhão: O Projeto da Ilha dos Lençóis**. I CBENS - I Congresso Brasileiro de Energia Solar. Fortaleza. 8 a 11 de abril de 2007.

SAAVEDRA, O. R.; OLIVEIRA, S. H. de; MATOS, J. G. de. **Energia Solar e Eólica como vetor de desenvolvimento de comunidades isolados no Maranhão: O Projeto da Ilha dos Lençóis**. Revista Inovação, São Luís, v. 02, p. 32 - 34, 2006.

SAAVEDRA, O. R.; MATOS, J. G. de; RIBEIRO, L. A. de S.; MARTINS, A. S.; GABIATTI, G.; BONAN, G. **Inversores para aplicações em sistemas solar-eólicos em regiões isoladas**. Geração solar eólica_Correta _3_Fevereiro_pag 160 a 171. 23/02/2009.

SEBASTIÃO, A. P. **O Modelo da Eletrificação de Moçambique: A Importância do Combate à Desflorestação no Meio Rural**. Instituto Superior de Gestão. Lisboa. 2013.

SEIA - **SOLAR ENERGY INDUSTRIES ASSOCIATION**. Disponível em: <<http://www.seia.org/research-resources/solar-industry-data>>. Acesso em 18 dez. 2013.

SILVA, A. L. P. **Brasília Frente ao novo Paradigma da Arquitetura Eco-Eficiente**. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias. https://www.grancursospresencial.com.br/novo/upload/Artigo_ALEJANDRO_LUIZ_2_0090624074158.pdf. Acesso em 28 de janeiro de 2016.

SINDUSCON/MA. **Custo Unitário Básico do Maranhão por metro quadrado de área construída**. São Luís, 2015. Disponível em <http://www.sinduscon-ma.com.br/site/downloads/cubvigente.pdf>. Acesso em 28 de janeiro de 2016.

SMARTSOLAR. **As top 10 maiores usinas solares do mundo**. 2015. Disponível em <http://www.smartsolar.com.br/news/top-10-maiores-usinas-solares-do-mundo/>. Acesso em 01 dez 2015.

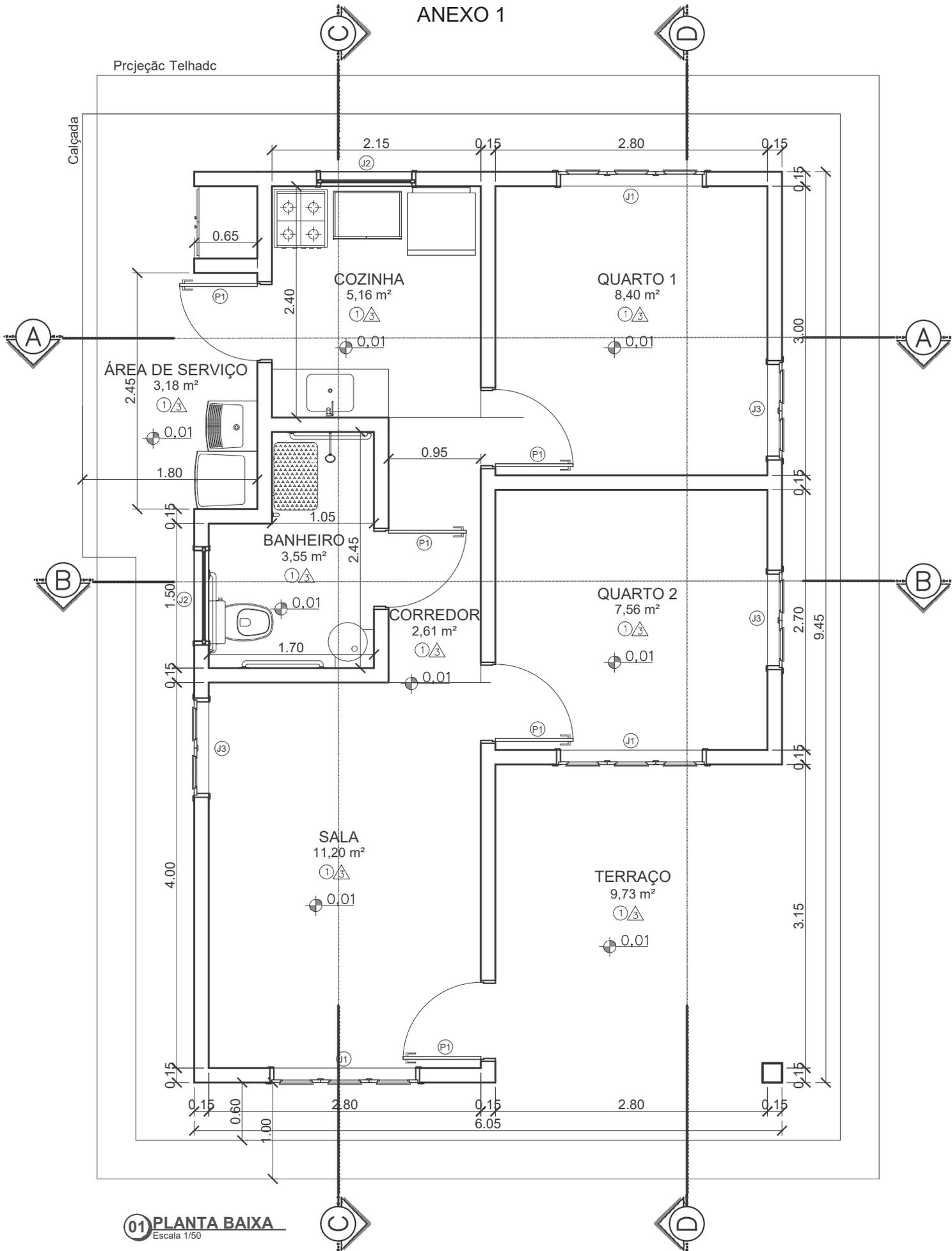
SUSTENTARQUI. **Energia Solar na Alemanha quebra 3 recordes em 2 semanas**. Rio de Janeiro. 2014. Disponível em <http://sustentarqui.com.br/energia-equipamentos/energia-solar-na-alemanha-quebra-3-recordes/>. Acesso em 01 dez 2015.

VALLÊRA, António M.; BRITO, Miguel Centeno. 2006. **Meio século de história fotovoltaica**. Gazeta de Física, Departamento de Física e Centro de Física da Matéria Condensada (CFMC), Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, Lisboa, 2006.

VARELLA, F. K. de O. M.; CAVALIERO, C. K. N.; SILVA, E. P. da. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil: Incentivos Regulatórios**. Revista Brasileira de Energia, Vol. 14, No. 1, 1o Sem. 2008, pp. 9-22.

VILLALVA, M. G. e GAZOLI, J. R.; **Energia Solar Fotovoltaica. Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Editora Érica Ltda. 1ª Edição, 2013.

ANEXO 1



Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Descrição: Pesquisa e Padronização de Projeto Arquitetônico de Unidade Habitacional Rural com Eletrificação Fctvcultaica

Prancha:

Autcr: Victor Nogueira Teixeira Mota - Arquiteta - CAU 59.818-6

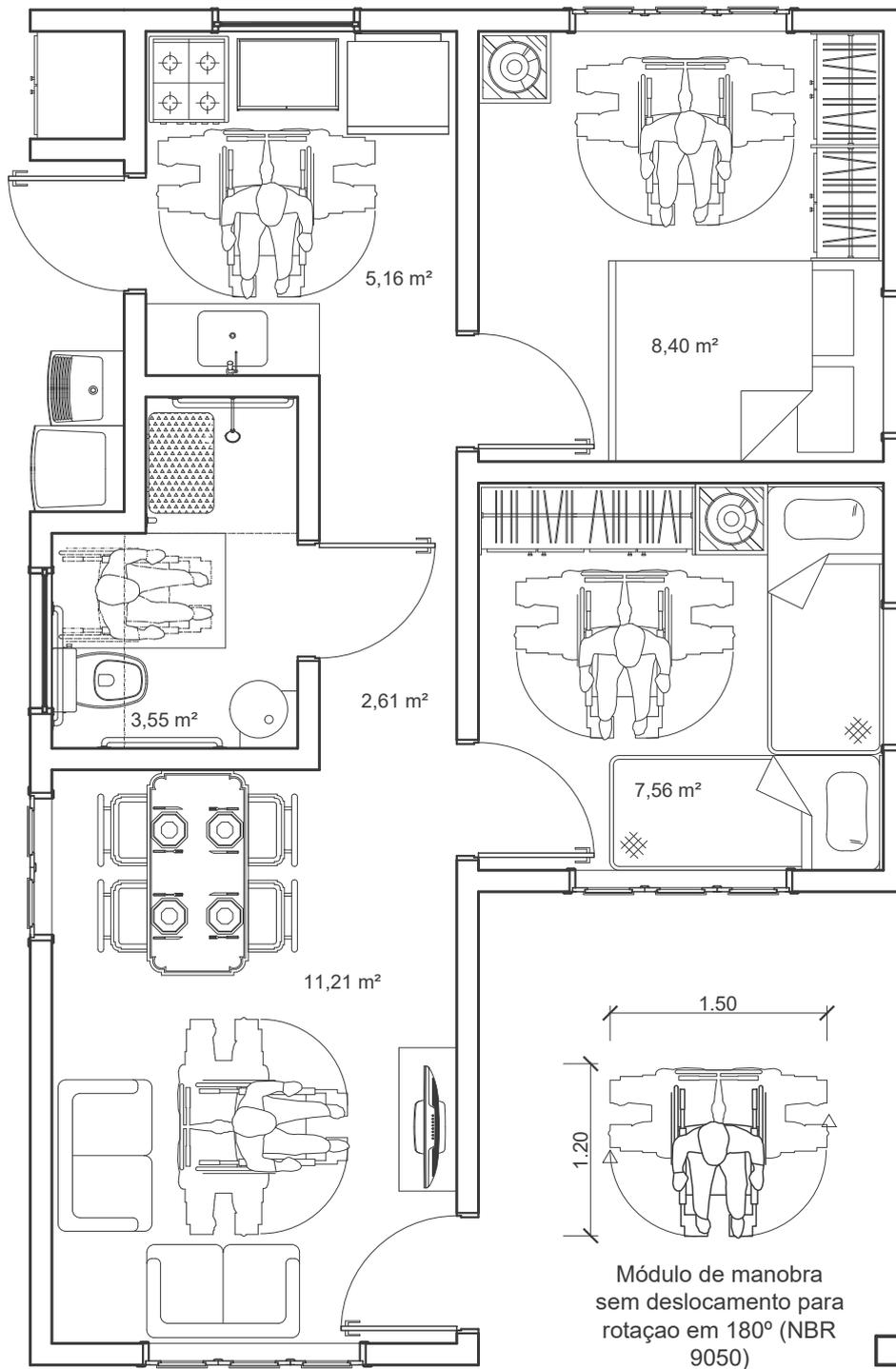
RRT: 0000004391312

01/10

ANEXO 1

Projeção Telhado

Calçada



02 LAYOUT
Escala 1/50

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Descrição: Pesquisa e Padronização de Projeto Arquitetônico de Unidade Habitacional Rural com Eletrificação Fotovoltaica

Prancha:

Autor: Victor Nogueira Teixeira Mota - Arquiteto - CAU 59.818-6

RRT: 000004391312

02/10

QUADRO DE ÁREAS

	AMBIENTE	ÁREA	RESUMO	
RESIDÊNCIA	ÁREA DE SERVIÇO	3,18 m ²		
	COZINHA	5,16 m ²	ÁREA ÚTIL	41,66 m ²
	BANHEIRO	3,55 m ²	ÁREA CONSTRUÍDA	45,35 m ²
	HALL	2,61 m ²		
	DORMITÓRIO 1	8,40 m ²		
	DORMITÓRIO 2	7,56 m ²		
	SALA ESTAR/JANTAR	11,20 m ²		

ESPECIFICAÇÕES

PISO

1 PISO CERÂMICO COM RODAPÉ, ESP- 0.05m

PAREDE

1 PAREDE PINTADA COM TINTA LATÉX

2 PINTURA COM TEXTURA ACRÍLICA

3 AZULEJO COM ALTURA ATÉ 1.50m, E COMPLEMENTO COM PINTURA EM TINTA LATÉX

TETO

1 LAJE PRÉ - MOLDADA, ESP= 0.15m PINTADA COM TINTA LÁTEX

ESQUADRIAS

PORTAS	LARGURA	ALTURA	PEITORIL	QUANT.	TIPO	JANELAS	LARGURA	ALTURA	PEITORIL	QUANT.	TIPO
	<input type="checkbox"/> P1	0.80	2.10	-	5		DE ABRIR (MADEIRA)	<input type="checkbox"/> J1	1.50	1.00	1.10
						<input type="checkbox"/> J2	1.00	0.50	1.60	2	ELEMENTO VAZADO
						<input type="checkbox"/> J3	1.20	1.00	1.10	3	DE ABRIR (MADEIRA)
TOTAL				5		TOTAL				8	

03 ESPECIFICACOES
Sem Escala

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Descrição: Pesquisa e Padronização de Projeto Arquitetônico de Unidade Habitacional Rural com Eletrificação Fotovoltaica

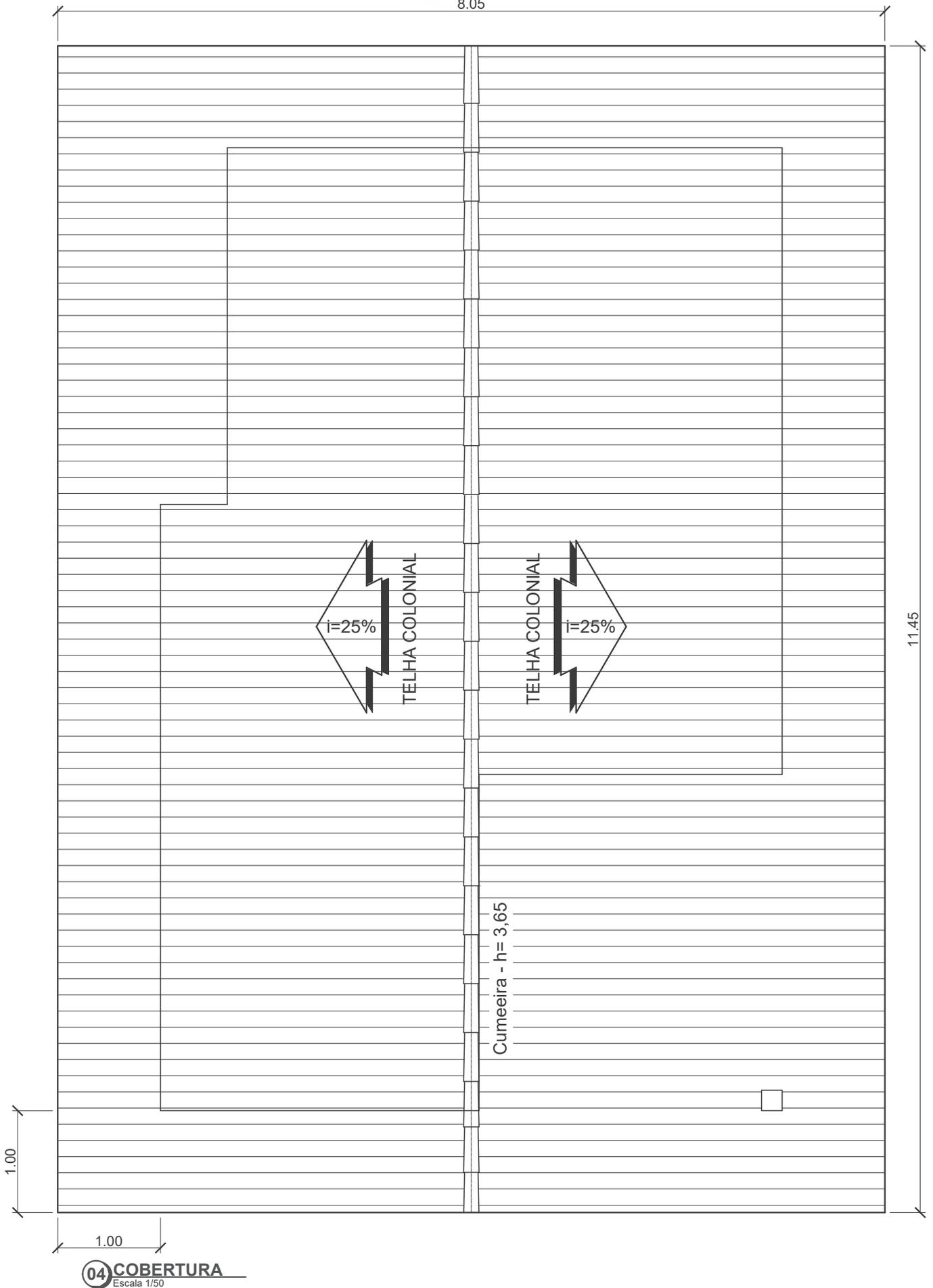
Prancha:

Autor: Victor Nogueira Teixeira Mota - Arquiteto - CAU 59.818-6

RRT: 000004391312

03/10

ANEXO 1
8.05



04 COBERTURA
Escala 1/50

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Descrição: Pesquisa e Padronização de Projeto Arquitetônico de Unidade Habitacional Rural com Eletrificação Fotovoltaica

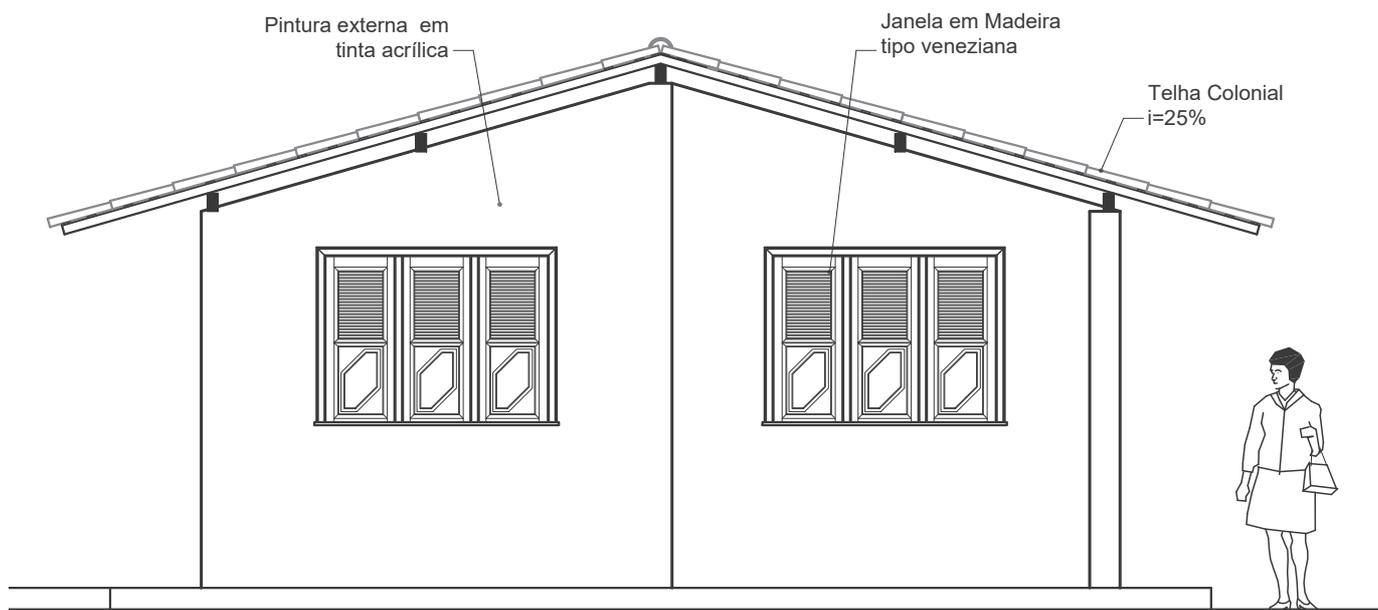
Prancha:

Autor: Victor Nogueira Teixeira Mota - Arquiteto - CAU 59.818-6

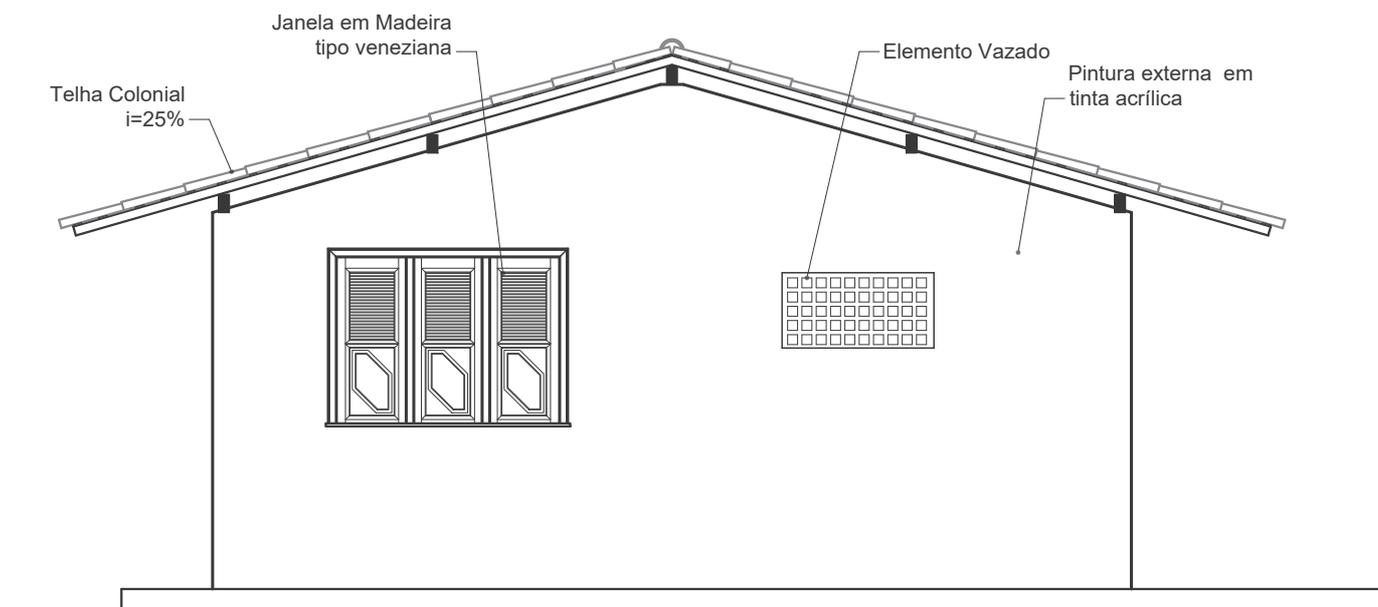
RRT: 000004391312

04/10

ANEXO 1

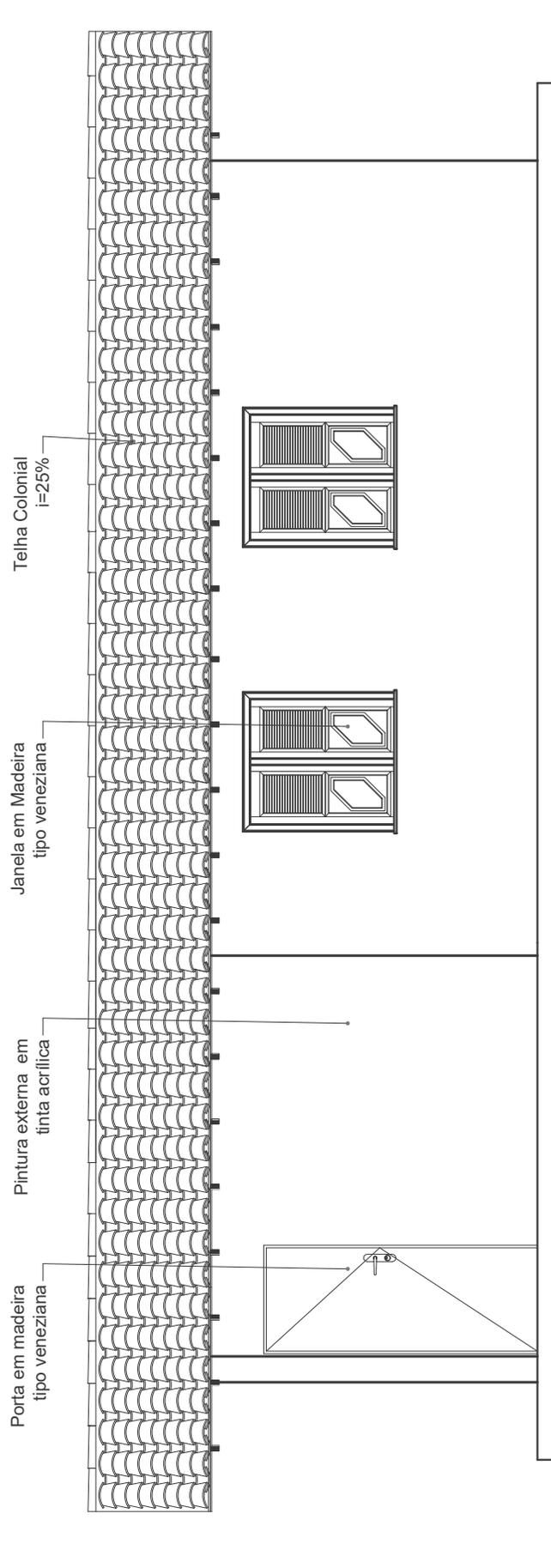


05 FACHADA FRONTAL
Escala 1/50



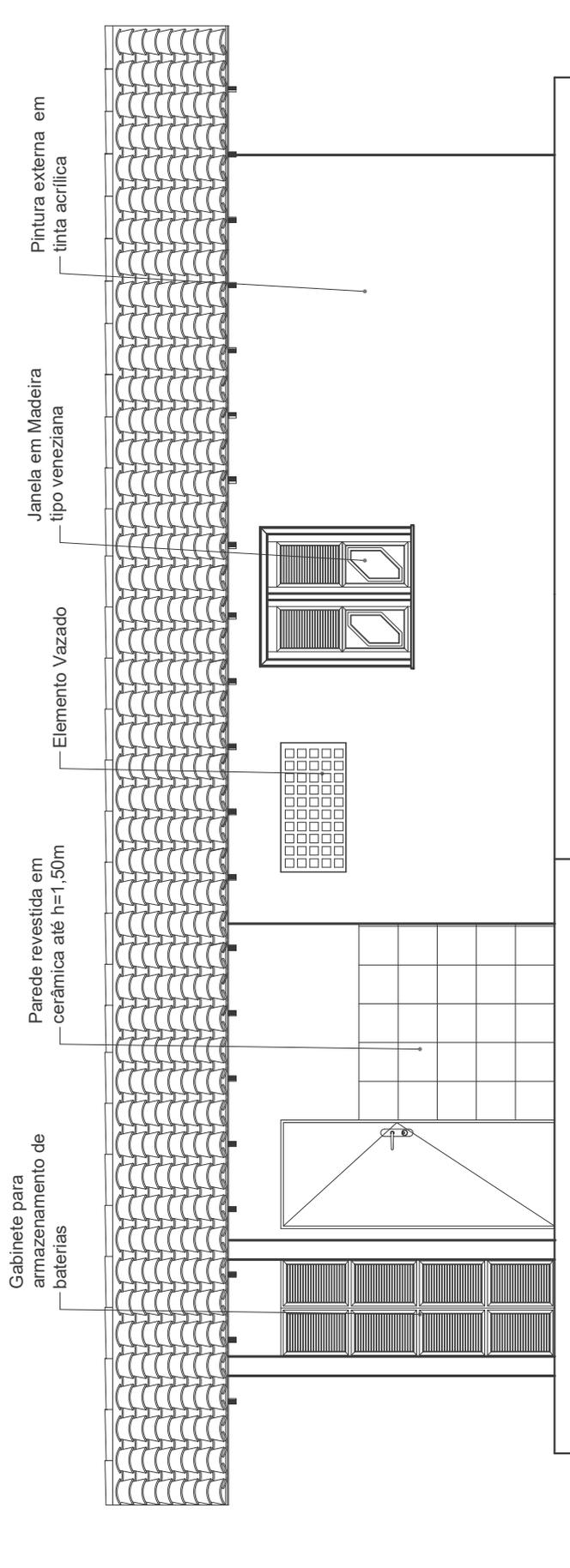
06 FACHADA POSTERIOR
Escala 1/50

Universidade Federal do Maranhão - UFMA		
Descrição: Pesquisa e Padronização de Projeto Arquitetônico de Unidade Habitacional Rural com Eletrificação Fotovoltaica	RRT: 0000004391312	Prancha: 05/10
Autor: Victor Nogueira Teixeira Mota - Arquiteto - CAU 59.818-6		



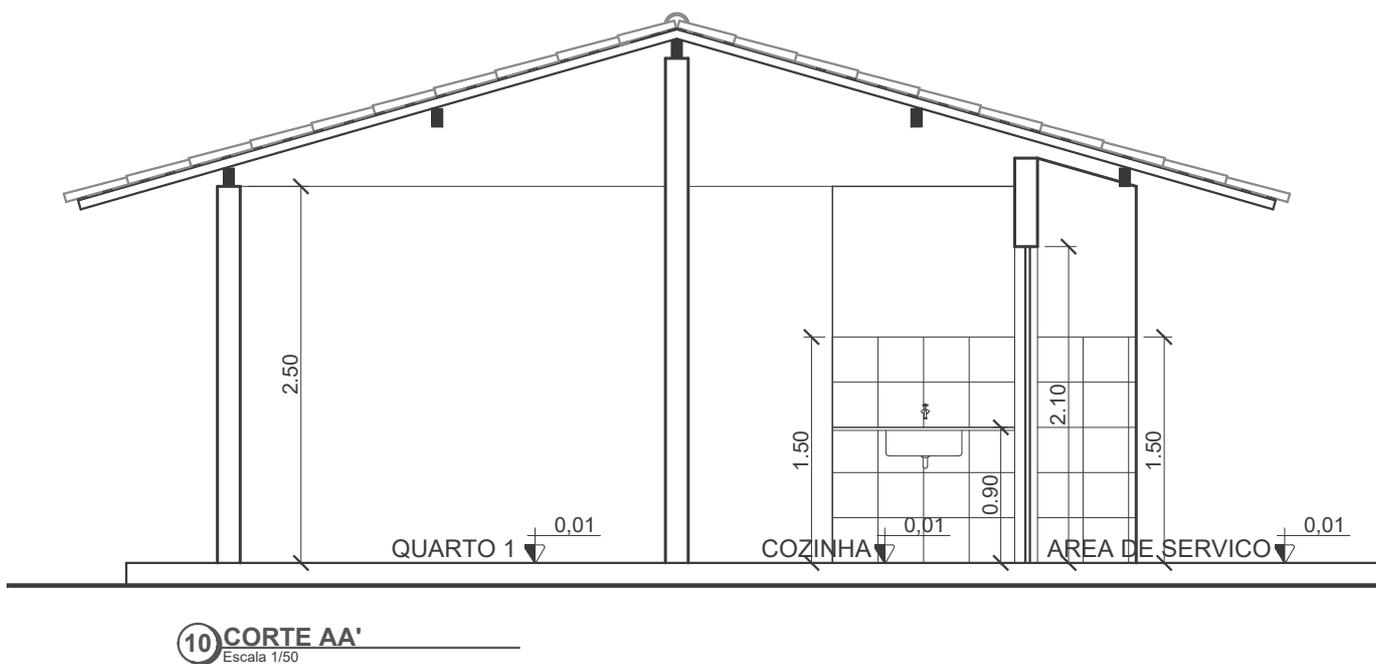
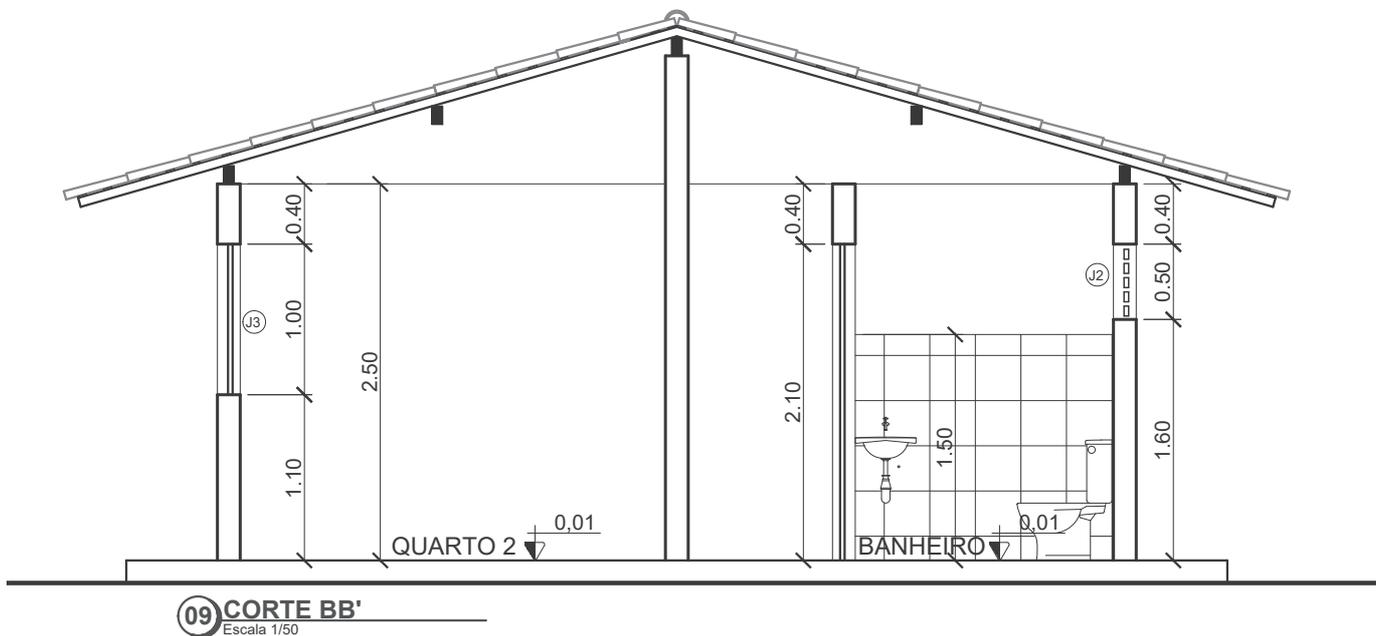
07 FACHADA LATERAL DIREITA
Escala 1/50

Universidade Federal do Maranhão - UFMA		
Descrição:	Pesquisa e Padronização de Projeto Arquitetônico de Unidade Habitacional Rural com Eletrificação Fotovoltaica	Prancha:
Autor:	Victor Nogueira Teixeira Mota - Arquiteto - CAU 59.818-6	RRT: 000004391312
		06/10



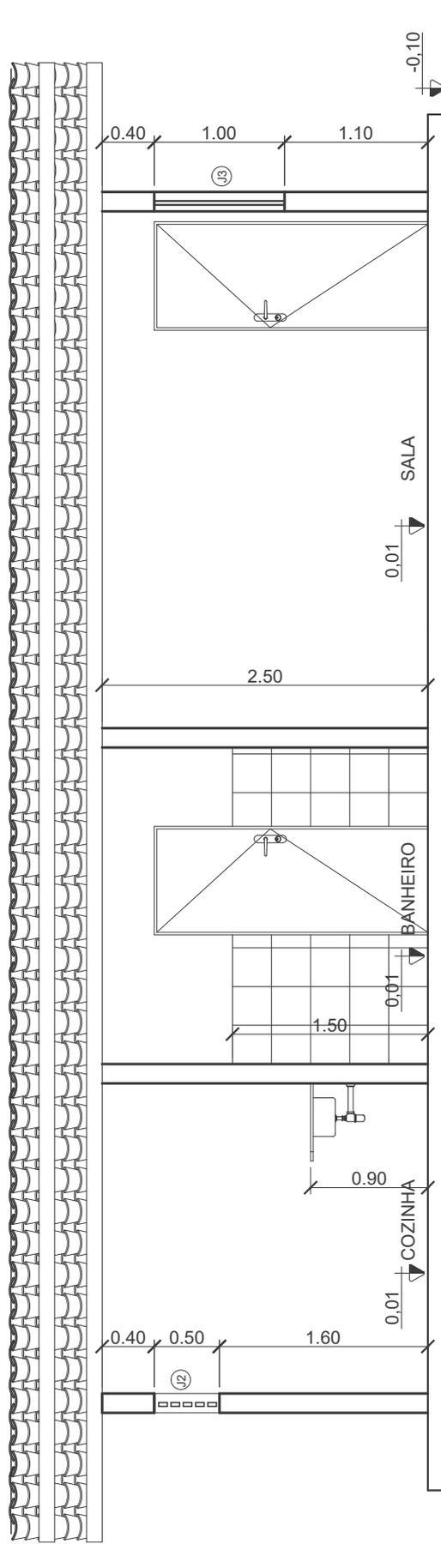
08 FACHADA LATERAL ESQUERDA
Escala 1/50

Universidade Federal do Maranhão - UFMA		
Descrição: Pesquisa e Padronização de Projeto Arquitetônico de Unidade Habitacional Rural com Eletrificação Fotovoltaica	RRT: 000004391312	Prancha: 07/10
Autor: Victor Nogueira Teixeira Mota - Arquiteto - CAU 59.818-6		



Universidade Federal do Maranhão - UFMA		
Descrição: Pesquisa e Padronização de Projeto Arquitetônico de Unidade Habitacional Rural com Eletrificação Fotovoltaica	RRT: 000004391312	Prancha: 08/10
Autor: Victor Nogueira Teixeira Mota - Arquiteto - CAU 59.818-6		

ANEXO 1



11 CORTE CC'
Escala 1/50

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Descrição: Pesquisa e Padronização de Projeto Arquitetônico de Unidade Habitacional Rural com Eletrificação Fotovoltaica

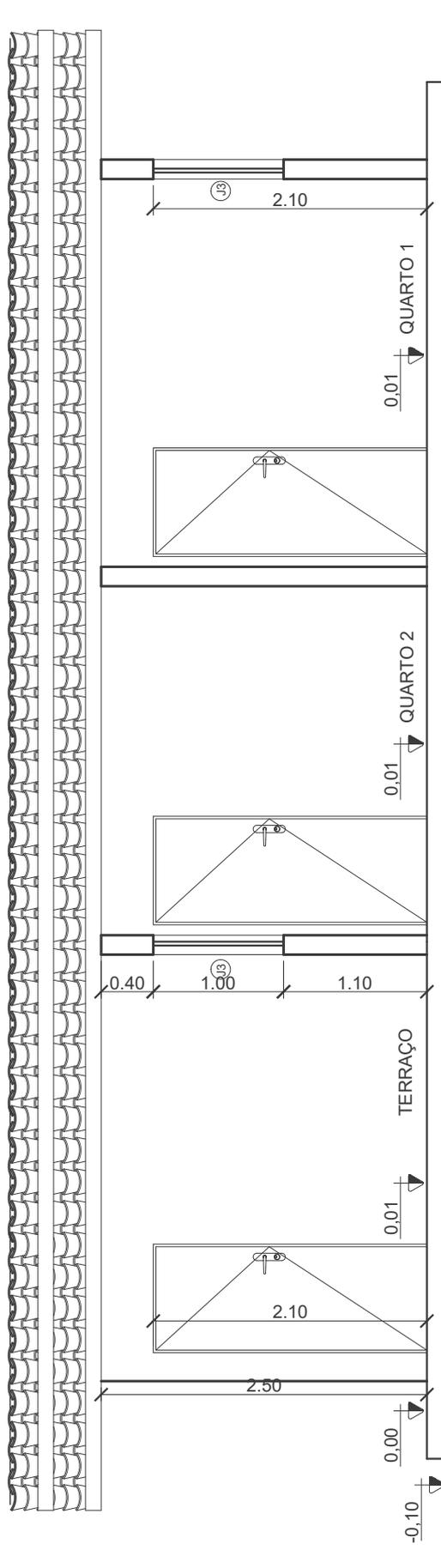
Prancha:

Autor: Victor Nogueira Teixeira Mota - Arquiteto - CAU 59.818-6

RRT: 000004391312

09/10

ANEXO 1



12 CORTE DD'
Escala 1/50

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Descrição: Pesquisa e Padronização de Projeto Arquitetônico de Unidade Habitacional Rural com Eletrificação Fotovoltaica

Prancha:

Autor: Victor Nogueira Teixeira Mota - Arquiteto - CAU 59.818-6

RRT: 000004391312

10/10

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

1 SERVIÇOS PRELIMINARES

1.1 Limpeza Manual do Terreno (com Raspagem Superficial)

A limpeza do terreno compreenderá os serviços de capina, desmatamento, destocamento e remoção do entulho em uma área de 200,00 m² (10,00x20,00 m). A área, após limpeza, deverá estar isenta de árvores, arbustos e lixo, possibilitando o início da obra.

As áreas externas deverão ser regularizadas de forma a permitir o fácil acesso aos usuários e o perfeito escoamento das águas pluviais.

2 INFRAESTRUTURA

2.1 Locação da obra

A locação da obra deverá ser executada conforme projeto aprovado, utilizando instrumentos e métodos adequados.

A demarcação será feita pelo método de gabarito, o qual será executado em tábuas de madeira, envolvendo todo o perímetro da obra. As tábuas que compõem esses quadros precisam ser niveladas, alinhadas, aprumadas, bem como fixadas em barrotes (3"x3") e travadas para resistirem à tensão dos fios de demarcação sem oscilar ou deslocar da posição correta. Após a execução do gabarito, serão marcados nos mesmos os eixos de paredes, segundo as dimensões determinadas no projeto. O mesmo deverá ser reaproveitado.

2.2 Escavações

As escavações, com dimensões 50x50 cm (largura x profundidade), serão executadas manualmente com a utilização de ferramentas apropriadas, para possibilitar a execução do alicerce de sustentação da alvenaria. A profundidade mínima é de 50 cm ou até atingir terreno cuja resistência seja suficiente para suportar os esforços provenientes da edificação.

Para instalação da fossa, será executada cava circular com 1,10m de diâmetro e 1,50m de profundidade, com fundo nivelado. Para o sumidouro, será executada cava circular com 1,60 m de diâmetro e 1,50 m de profundidade, também com fundo nivelado. O nível do fundo do sumidouro deve ser 10 (dez) centímetros abaixo do nível do fundo da fossa, conforme detalhes do projeto.

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

2.3 Alicerce em alvenaria de pedra argamassada

O alicerce será executado em alvenaria de pedra bruta argamassada e amarrada (pedra preta laterítica), assentes sobre camadas sobrepostas com argamassa de cimento e areia (traço 1:3), nas dimensões de 30x50 cm (profundidade x largura), sob todas as paredes da edificação.

2.4 Base dos pilares

A base dos pilares será realizada em concreto ciclópico $f_{ck}=10\text{MPa}$ (30% pedra de mão) nas dimensões 0,40x0,40x0,60m.

2.5 Baldrame

O baldrame será executado com argamassa de cimento e arenoso (traço 1:4). Serão utilizadas formas de madeira como contenções laterais, devidamente alinhadas, aprumadas e niveladas, definindo assim a sua forma.

Em locais onde houver escassez de pedra bruta, excepcionalmente, o baldrame poderá ser executado com alvenarias de tijolos maciços ou de tijolos furados (os furos dos tijolos cerâmicos deverão ser preenchidos com argamassa de cimento e areia). Na execução do baldrame, os tijolos deverão ser rejuntados com argamassa de cimento e areia (traço 1:4). O custo estipulado na planilha para a opção pedra argamassada poderá ser aceito para esta opção: baldrame em alvenaria de tijolos.

Será executado o baldrame sob todas as paredes da edificação, devendo apresentar as dimensões de 20x20 cm (largura x altura).

2.6 Impermeabilização do baldrame

A impermeabilização do baldrame será com argamassa de cimento e areia (traço 1:3), com aditivo impermeabilizante, $esp=2\text{cm}$.

2.7 Aterro Apilado

As superfícies a serem aterradas deverão ser previamente limpas, isentas de qualquer tipo de vegetação, sem qualquer tipo de entulho, quando do início dos serviços de aterro.

O aterro deverá ser executado com material selecionado, preferencialmente argiloso, isento de matéria orgânica, pedras, entulhos, disposto em camadas sucessivas de no máximo 20cm (material solto), devidamente umidificado, homogeneizado, regularizado e apilado com maço de 20 kg, a fim de serem evitados recalques posteriores.

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

Este aterro será executado na área interna da cinta inferior da obra, com uma altura média aproximada de 15 cm, ou o bastante para que o ponto mais alto esteja no mínimo a 15 cm de altura em relação ao terreno natural.

2.8 Cinta inferior em concreto armado

Ao longo de todo o baldrame, será executada uma cinta de amarração, em concreto armado, nas dimensões 10x15 cm, com ferragem longitudinal de 4 Ø 5,0 mm corridos e 260 estribos de Ø 3,4 mm, espaçados a cada 15 cm, com dimensões de 6x11 cm, perfazendo o comprimento unitário de 40 cm.

Deverá ser mantido, durante a concretagem, o recobrimento mínimo de 2,0 cm ao redor de toda a armadura.

O concreto das cintas será no traço 1:2,5:4, devendo atingir resistência característica mínima de 15 MPa aos 28 dias da concretagem.

3 SUPRAESTRUTURA

3.1 Pilares

Serão executados pilares de concreto armado, de seções 15x25 cm, de acordo com indicação em projeto. As armaduras serão confeccionadas com ferragens de 4 Ø 10 mm e estribos de Ø 5 mm, espaçados a cada 15 cm.

O concreto dos pilares será no traço 1:2,5:4, devendo atingir resistência característica mínima de 15 MPa aos 28 dias da concretagem. Deverá ser mantido durante a concretagem o recobrimento mínimo de 2 cm ao redor de toda a armadura.

3.2 Vigas

Serão executadas vigas de concreto armado, de seções 10x20cm, de acordo com indicação em projeto. As armaduras serão confeccionadas com ferragens de 4 Ø 8mm e estribos de Ø 5 mm, espaçados a cada 15 cm.

O concreto das vigas será no traço 1:2,5:4, devendo atingir resistência característica mínima de 15 MPa aos 28 dias da concretagem. Deverá ser mantido durante a concretagem o recobrimento mínimo de 2 cm ao redor de toda a armadura.

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

3.3 Cinta superior em concreto armado

Ao longo de todas as paredes, a uma altura de 2,10 m, será executada uma cinta de concreto armado nas dimensões 10x15 cm (largura x altura), com ferragem longitudinal de 4 Ø 5,0mm e 260 estribos de Ø 3,4mm, espaçados a cada 15 cm, com dimensões de 6x11 cm, totalizando o comprimento total de 40 cm.

O concreto das cintas será no traço 1:2,5:4, devendo atingir resistência característica mínima de 15 MPa aos 28 dias da concretagem. Deverá ser mantido durante a concretagem o recobrimento mínimo de 2 cm ao redor de toda a armadura.

A cinta também terá a função de verga.

3.4 Contraverga

Serão executadas contravergas de concreto armado, com seção de 4x10 cm, sob os vãos de janelas. As contravergas possuirão 2 barras de aço de 6,3 mm de diâmetro, ultrapassando um mínimo de 20 cm para cada lado do vão, com argamassa no traço 1:3.

4 ALVENARIAS E VEDAÇÕES

4.1 Alvenaria de tijolos cerâmicos

Todas as paredes serão em alvenaria cerâmica empregando tijolos de 4, 6 ou 8 furos nas dimensões 10x15x20 cm, com espessura a espelho de 10 cm. A argamassa de assentamento dos tijolos será em cimento e arenoso (traço 1:6) e a junta entre os tijolos terá espessura média de 12 mm.

As alvenarias deverão ser executadas com obediência a planicidade, prumo e alinhamento, e elevadas até a altura indicada em projeto.

4.2 Elementos vazados (cobogós)

Serão colocados elementos vazados (cobogós) de concreto pré-moldado (medidas 0,50x0,50m), assentados com argamassa de cimento e areia (traço 1:7), na cozinha e no banheiro (na quantidade de dois cobogós para cada ambiente, um ao lado do outro), conforme indicação em projeto, tendo como funções a ventilação e a iluminação dos ambientes. Os elementos vazados deverão obedecer ao alinhamento das paredes e ao prumo perfeito.

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

4.3 Janelas em Madeira

As janelas serão em madeira, tipo veneziana, de abrir com dobradiças 180°.

Nos quartos, cada janela terá 1,20mx1,00m e peitoril de 1,10m.

Na sala, a janela terá 1,50mx1,00m e peitoril de 1,10m.

4.4 Portas em Madeira

As portas serão em madeira, de abrir, com guarnição completa. Todas terão dimensões de 2,10mx0,80m.

5 COBERTURA

5.1 Madeiramento

A estrutura da cobertura deverá ser executada com madeira tipo cumaru, maçaranduba ou jatobá, isenta de brancos, nós, rachaduras, brocas, falhas e desbitolamentos.

A cobertura será apoiada nas extremidades sobre peças 3"x3" (frechais) posicionados sobre as paredes e sobre uma peça de cumeeira com dimensões 3"x5". O beiral terá, no mínimo, 60 cm de largura.

As peças de madeira da cobertura seguirão as dimensões e afastamentos abaixo:

- frechal: peça 3" x 3", ao longo das paredes de contorno da edificação;
- cumeeira: peça 3" x 5", apoiada sobre a parede;
- terças: peças 3" x 5", uma linha disposta para cada lado da casa;
- caibros: peças 2" x 3", a cada 50 cm, apoiados sobre as terças, cumeeira e frechais;
- ripas: dimensões 1/2" x 2", posicionadas transversalmente aos caibros, de forma que tenhamos 3 ripas por telha.

5.2 Telhas cerâmicas

Deverão ser empregadas telhas cerâmicas do tipo colonial na cobertura, montadas por telhadista, sobre a estrutura de madeira descrita anteriormente, na quantidade aproximada de 33 unidades por metro quadrado de cobertura.

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

As telhas utilizadas não deverão apresentar fissuras, quebras ou rebarbas que prejudiquem o perfeito encaixe entre as peças. Além disso, devem ter queima uniforme e superfície com baixa porosidade e absorção de água.

Durante a execução, será observado o trespasse longitudinal e transversal, de forma a evitar surgimento de goteiras.

5.3 Emboçamento da Cumeeira

Ao longo da cumeeira da cobertura, serão colocadas as telhas cumeeiras, executando em seguida o emboçamento com argamassa de cimento e areia (traço 1:4), visando proteger contra escorregamento e surgimento de goteiras.

Na última fiada de telhas (beira e bica), em todo o perímetro da cobertura, será executado o emboçamento com argamassa de cimento e areia (traço 1:4).

5.4 Tabeira

Em toda a extensão do beiral da cobertura será executado acabamento com tabeira em peça de madeira lixada e aparelhada para receber verniz, com altura 20 cm e espessura 1,5cm.

5.5 Forro

Será executado forro de PVC com placas de 10 cm de largura, fixados com estrutura de sustentação de alumínio, no banheiro.

6 REVESTIMENTO

6.1 Emboço

O emboço somente poderá ser iniciado após a completa pega do chapisco. O revestimento será executado nas paredes internas e externas, com argamassa de cimento e areia (traço 1:7), atingindo espessura final de 1,5 cm e a sua aplicação deverá ser feita sobre a superfície chapiscada previamente umedecida. Deverão ser utilizadas balizas nas superfícies a serem emboçadas, visando manter a espessura uniforme e o prumo perfeito.

Após o lançamento da argamassa, a superfície será desempenada com régua de madeira ou alumínio.

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

6.2 Revestimento com azulejo

Nas paredes internas do banheiro, da cozinha e da área de serviço, até a altura de 1,50 m, será assentado, sobre o emboço, o revestimento com azulejo branco, dimensões 15x15cm, com argamassa colante e rejuntamento em cimento branco.

6.3 Pintura em paredes internas

Nas paredes internas será realizada pintura com tinta látex PVA, em duas demãos, segundo os procedimentos a seguir:

- limpeza das superfícies das paredes;
- correção de imperfeições do reboco com espátula e lixa ;
- aplicação de duas demãos de tinta látex PVA como indicado pelo fabricante. O intervalo de tempo de espera entre as demãos deverá ser de 48 horas.

6.4 Pintura em paredes externas

Nas paredes externas e nos elementos vazados será executada pintura com tinta látex acrílica, em três demãos, segundo os procedimentos a seguir:

- limpeza das superfícies das paredes;
- correção de imperfeições do reboco com espátula e lixa ;
- aplicação de três demãos de tinta látex acrílica como indicado pelo fabricante. O intervalo de tempo de espera entre as demãos deverá ser de 48 horas.

7 PAVIMENTAÇÃO

7.1 Lastro de Concreto

Toda área de piso, deverá receber lastro de concreto desempenado, tendo espessura de 3 cm. Para execução do lastro, o solo deverá estar perfeitamente nivelado e apilado, posteriormente será espalhado um lastro de brita ao solo, que deverá ser umedecido para favorecer a cura do concreto, bem como já deverão ter sido colocadas as canalizações que devem passar por baixo do piso. Em seguida ao lastro de concreto, deverá ser executado o contrapiso em argamassa de cimento e areia (traço 1:4), com espessura de 5 cm, onde será instalado o piso cerâmico.

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

7.2 Piso Cerâmico

Todos os pisos laváveis terão declividade de 1%, no mínimo, em direção ao ralo ou porta externa, para um perfeito escoamento das águas. A colocação dos elementos do piso será feita de modo a deixar as superfícies planas, evitando-se ressalto de um em relação ao outro. Deverá ser proibida a circulação de pessoas sobre o piso recém-colocado durante 2 (dois) dias no mínimo.

Deverá ser feita regularização de base para assentamento de piso cerâmico PEI-4, com argamassa colante e rejuntamento em cimento branco, em todos os ambientes da unidade.

7.3 Rodapé

O rodapé, com altura de 5 cm, será executado em todo o perímetro interno da casa, no mesmo material do piso.

7.4 Calçada

Na área externa da casa, em todo o seu perímetro, deverá ser construída calçada de proteção, com largura de 50 cm. Deverá ser executado aterro perfeitamente apiloado, em quantidade suficiente para o devido nivelamento da calçada e posterior execução do piso, de acordo com o nível apresentado em projeto.

Sobre o aterro será executada camada de concreto, $f_{ck} = 12$ MPa (traço 1:3:5), com espessura de 7 cm. A superfície deverá ser regularizada com régua e desempenadeira de madeira. Serão executadas juntas riscadas a cada 1,00 m de comprimento, para possibilitar a dilatação.

8 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

As casas serão dotadas de instalações elétricas, executadas com materiais de qualidade e por profissional tecnicamente habilitado, de acordo com as normas da ABNT.

Cada casa será dotada das instalações elétricas conforme projeto específico e esclarecimentos abaixo:

8.1 Haste de Aterramento

Haste copperweld para aterramento 5/8 x 3,0m, com conector, a ser instalada fora da residência, conforme as normas da ABNT.

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

8.2 Quadro de Distribuição

Será instalado quadro de distribuição de energia em aço galvanizado, para 6 disjuntores termomagnéticos monopolares, com barramento monofásico, em local especificado no projeto.

8.3 Disjuntores Termomagnéticos do Quadro de Distribuição

Os disjuntores do quadro de distribuição serão do tipo termomagnético monopolar, com amperagem especificada no projeto elétrico.

8.4 Cabo de cobre isolado PVC 1,5mm²

Toda a fiação será executada com cabos flexíveis, contida em eletrodutos embutidos na parede ou piso. Nos trechos aéreos (cobertura) os fios serão fixados em cleats de PVC, fixos diretamente no madeiramento.

Os cabos com bitola de 1,5mm² serão destinados ao circuito de iluminação.

8.5 Cabo de cobre isolado PVC 2,5mm²

Toda a fiação será executada com cabos flexíveis, contida em eletrodutos embutidos na parede ou piso.

Os cabos com bitola de 2,5mm² serão destinados ao circuito de tomadas.

8.6 Cabo de cobre isolado PVC 6,0mm²

Toda a fiação será executada com cabos flexíveis, contida em eletrodutos embutidos na parede ou piso.

Os cabos com bitola de 2,5mm² serão destinados à entrada do Quadro de Distribuição.

8.7 Eletroduto de PVC Flexível

Os eletrodutos serão instalados conforme projeto elétrico, em diâmetro de 20mm (3/4") para instalação de interruptores e tomadas.

8.8 Interruptor simples de uma tecla

Serão instalados interruptores simples de uma tecla, de embutir, 10A/250V, conforme locação do projeto elétrico, para acionamento de uma ou mais luminárias simultaneamente.

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

8.9 Interruptor simples de duas teclas

Serão instalados interruptores simples de duas teclas, de embutir, 10A/250V, conforme locação do projeto elétrico, para acionamento independente de duas luminárias.

8.10 Tomada de embutir

Serão instaladas tomadas de embutir, 10A/250V, no novo padrão brasileiro do tipo 2P+T, conforme locação do projeto elétrico.

8.11 Quebra de alvenaria

Serão realizadas quebras na alvenaria para instalação de caixa de tomada 4x2.

8.12 Luminárias

Serão instaladas luminária do tipo spot para 1 lâmpada LED, completa (com bocal), conforme locação do projeto elétrico.

9 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

A execução dos serviços deverá atender às prescrições contidas nas normas da ABNT, às especificações técnicas e ao projeto específico, além das recomendações e prescrições dos fabricantes para os diversos materiais.

As canalizações correrão embutidas nas alvenarias. Nos trechos que estarão enterradas, deverão ser devidamente protegidas contra o eventual acesso de água poluída. O recobrimento das tubulações enterradas será de, no mínimo, 30 cm.

Durante a construção e até a montagem dos aparelhos, as extremidades livres das canalizações serão vedadas com bujões rosqueados ou plugues convenientemente apertados, não sendo admitido para tal fim, o uso de buchas de madeira ou papel.

Na execução dos serviços serão utilizados materiais que ofereçam garantia de bom funcionamento além de mão de obra capacitada.

Os tubos e conexões serão em PVC soldável linha predial.

O abastecimento de água será feito através da rede pública dotada de ligação domiciliar, ligada ao reservatório (500 litros). A rede de distribuição da unidade domiciliar deverá ser executada conforme projeto hidráulico anexo.

O reservatório de água deverá ser assentado sobre estrado de madeira, com espaçamento máximo de 7 cm entre as tábuas. A superfície deverá ser plana e nivelada e a

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

área de apoio deve ser maior do que a base da caixa d'água. O estrado deverá ser apoiado sobre barrotes de madeira.

O recebimento das instalações de água obedecerá rigorosamente ao disposto na NBR 5651. Toda a canalização, depois de instalada, precisa ser submetida a ensaios de pressão interna, antes de ser eventualmente revestida. Deverão ser ensaiados quanto à estanqueidade no mínimo três de cada conjunto de 100 pontos de água.

As instalações terão os seguintes materiais:

- 9.1** Registros de gaveta bruto, D=3/4", em quantidade e locais definidos no projeto hidráulico.
- 9.2** Tubo PVC soldável água fria DN20mm (1/2"), inclusive conexões, em quantidade e locais definidos no projeto hidráulico.
- 9.3** Tubo PVC soldável água fria DN25mm (3/4"), inclusive conexões, em quantidade e locais definidos no projeto hidráulico.
- 9.4** Suporte apoio caixa d'água barrotes de madeira
- 9.5** Caixa d'água fibra de vidro 500 litros com tampa
- 9.6** Torneira de boia vazão total 3/4", com balão plástico, para controle do volume da caixa d'água;
- 9.7** Registro de pressão com canopla (1/2"), para o chuveiro do banheiro;
- 9.8** Chuveiro plástico simples;
- 9.9** Vaso sanitário com caixa de descarga acoplada;
- 9.10** Lavatório em louça branca, sem coluna padrão popular, com torneira cromada popular, sifão, válvula e engate plástico;
- 9.11** Bancada de mármore sintético 120x60cm, com cuba integrada, incluso sifão tipo garrafa em PVC, válvula em plástico cromado tipo americana e torneira cromada longa, de parede, padrão popular;
- 9.12** Tanque de mármore sintético suspenso, 22L ou equivalente, incluso sifão tipo garrafa em PVC, válvula plástica e torneira de plástico.

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

10 INSTALAÇÕES SANITÁRIAS

A execução dos serviços deverá atender às prescrições contidas nas normas da ABNT, as especificações e ao projeto específico, além das recomendações e prescrições dos fabricantes para os diversos materiais.

Na execução dos serviços serão utilizados materiais que ofereçam garantia de bom funcionamento além de mão de obra capacitada.

As instalações de esgoto deverão obedecer às seguintes prescrições:

- facilidade de inspeção;
- declividade contínua e alinhamentos perfeitos entre caixas de inspeção;
- declividade mínima de 2% para tubos com diâmetro nominal igual ou inferior a 75 mm e de 1% para tubos com diâmetro nominal superior a 100 mm;
- as ligações entre segmentos de tubulação deverão ocorrer nas caixas ou através de peças especiais;

As tubulações e conexões serão em PVC para esgoto soldável, obedecendo aos diâmetros especificados em projeto.

Durante a construção e até a montagem dos aparelhos, as extremidades livres das canalizações serão vedadas com bujões rosqueados ou plugues convenientemente apertados, não sendo admitido para tal fim, o uso de buchas de madeira ou papel.

Cada UH terá uma caixa de gordura e duas caixas de inspeção, construídas em alvenaria com tampa de concreto removível.

A destinação final dos esgotos será do tipo individual, com a construção de uma fossa séptica e um sumidouro em cada unidade habitacional, cujas dimensões estão definidas em projeto específico.

O projeto sanitário terá os seguintes equipamentos:

10.1 Tubo PVC esgoto predial DN40mm, inclusive conexões, em quantidade e locais definidos no projeto sanitário;

10.2 Tubo PVC esgoto predial DN50mm, inclusive conexões, em quantidade e locais definidos no projeto sanitário;

10.3 Tubo PVC esgoto predial DN100mm, inclusive conexões, em quantidade e locais definidos no projeto sanitário;

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Especificações

10.4 Caixa sifonada em pvc 100x100x50mm simples, para ralos do banheiro e área de serviço;

10.5 Ralo seco de PVC 100x100mm simples, para o banheiro, na área do Box;

10.6 Tubo PVC para esgoto predial DN 75mm para coluna de ventilação;

10.7 Caixa de gordura simples em concreto pré-moldado DN40mm, com tampa;

10.8 Caixa de inspeção em concreto pré-moldado DN60mm, com tampa, H=60cm;

10.9 A fossa será construída com tijolos cerâmicos assentes sobre matacoado com pedra preta, utilizando argamassa de cimento e areia (traço 1:4). As paredes e o fundo serão revestidos com argamassa de cimento e areia (traço 1:4), espessura 2 cm. A fossa terá dimensões externas 1,90mx1,10mx1,40m, 1.500 litros, revestida internamente com barra lisa, com tampa em concreto armado com espessura 8cm;

10.10 O sumidouro poderá ser executado em alvenaria de tijolo 1 vez, tipo colmeia ou em tubos de concreto perfurados, diâmetro 1,20m e altura 5,00m, com tampa em concreto armado diâmetro 1,40m e espessura 10cm.

11 LIMPEZA DA OBRA

11.1 Limpeza final da obra

Ao término dos serviços, será feita a limpeza da obra com remoção de todo o entulho resultante da construção, bem como serão realizadas limpezas de piso, esquadrias, louças e ferragens.

ANEXO 3

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR
 AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Orçamento

ITEM	CÓDIGO SINAPI	DESCRIÇÃO	Unid.	Quant. Unit.	Vr.Unit.	Vr.Total
1		SERVIÇOS PRELIMINARES				490,00
1.1	73948/016	Limpeza manual do terreno (com raspagem superficial)	m ²	200,00	2,45	490,00
					0,00	
2		INFRAESTRUTURA			0,00	7.117,49
2.1	74077/002	Locação Convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaleteadas, com reaproveitamento de 10 vezes	m ²	45,35	3,02	136,96
2.2	79507/005	Escavação manual de vala até 1m, solo mole (50cmx50cm)	m ³	9,19	12,76	117,26
2.3	6122	Alicerce em pedra preta lat. c/ arg. 1:3, cim/areia	m ³	5,51	281,31	1.551,14
2.4	73361	Concreto ciclópico fck=10MPa (30% pedra de mão) para base dos pilares da área de serviço e varanda (0,40x0,40x0,60m)	m ³	0,19	298,27	57,27
2.5	83519	Baldrame em tijolo cerâmico furado, traço 1:4 (20cmx20cm)	m ³	1,84	323,18	594,00
2.6	5968	Impermeabilização do baldrame (superfície) com argamassa de cimento e areia (traço 1:3), com aditivo impermeabilizante, esp=2cm	m ²	36,76	22,07	811,29
2.7	55835	Aterro interno (edificações) compactado manualmente	m ³	5,77	34,37	198,38
2.8	68049	Cinta inferior de concreto armado 15MPa, 10x15cm, incluindo forma e armações	m	45,95	79,46	3.651,19
3		SUPRAESTRUTURA			0,00	4.880,53
3.1	73346	Pilares em concreto armado dosado 15MPa, incluso formas, escoramento e ferragens	m ³	0,10	1.725,19	172,52
3.2	68049	Cinta superior de concreto armado 13MPa, 10x15cm, incluindo forma e armações	m	45,95	79,46	3.651,19
3.3	68049	Contraverga 15x4cm cimento/areia 1:3	m	13,30	79,46	1.056,82
4		ALVENARIAS E VEDAÇÕES			0,00	8.576,52
4.1	73935/001	Alvenaria em tijolo cerâmico furado 10x20x20cm, 1/2 vez, assentado em argamassa traço 1:4	m ²	126,93	32,43	4.116,26
4.2	73937/001	Cobogó de concreto (elemento vazado) 7x50x50cm, assentado com argamassa traço 1:4	m ²	1,00	108,83	108,83
4.3	84845	Janela de madeira tipo veneziana, de abrir, inclusas guarnições	m ²	9,10	399,74	3.637,63
4.4	91011	Porta de madeira semi-oca média, 80x210cm, espessura de 3,5cm, incluso dobradiças, fornecimento e instalação	und	5,00	142,76	713,80
					0,00	
5		COBERTURA E PROTEÇÕES			0,00	11.134,05
5.1	92541	Trama (estrutura) de madeira composta por ripas, caibros e terças, para telhados de até 2 águas, para telha cerâmica capa-canal	m ²	95,03	50,39	4.788,56
5.2	73938/001	Cobertura em telha cerâmica tipo capa-canal com argamassa traço 1:3	m ²	95,03	53,41	5.075,55
5.3	6058	Cumeeira com telha cerâmica emboçada com argamassa, traço 1:2:8	m	11,45	17,56	201,06
5.4	84093	Tabeira com madeira de lei de 1ª qualidade (2,5 x 30cm)	m	31,20	28,25	881,40
5.5	REG 78751	Forro PVC em régua de 100mm, inclusive estrutura de madeira para fixação	m ²	3,55	52,81	187,48

ANEXO 3

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Orçamento

6		REVESTIMENTOS			0,00	8.205,87
6.1	73397	Emboço cimento e areia 1:4 (esp=1,5cm), incluso chapisco 1:3 (esp=9mm)	m ²	227,26	20,21	4.592,82
6.2	87267	Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo GRES, de dimensões 20x20cm a meia altura das paredes	m ²	24,15	36,46	880,51
6.3	73415	Pintura PVA, ambientes internos, três demãos	m ²	89,48	12,43	1.112,21
6.4	88423	Aplicação manual de pintura com tinta texturizada acrílica em paredes externas de casas, uma cor	m ²	113,63	14,26	1.620,33
7		PAVIMENTAÇÃO			0,00	2.515,04
7.1	74048/007	Lastro de concreto, espessura 3cm, preparo mecânico	m ²	38,48	10,24	394,04
7.2	87248	Revestimento cerâmico para piso com placas tipo GRES de dimensões 35x35cm	m ²	38,48	20,42	785,76
7.3	REG 76116	Rodapé cerâmico de 7cm de altura com placas tipo GRES de dimensões 35x35cm	m	49,90	7,22	360,28
7.4	73892/002	Execução de calçada em concreto 1:3:5 (cimento, areia e brita) (fck=12MPa), preparo mecânico, esp. 7cm (50cm de largura)	m ²	34,39	28,35	974,96
					0,00	
8		INSTALAÇÕES ELÉTRICAS			0,00	1.588,35
8.1	68069	Haste copperweld para aterramento 5/8 x 3,0m, com conector	un	1,00	38,40	38,40
8.2	84402	Quadro de distribuição de energia para 6 disjuntores termomagnéticos monopolares sem barramento, de embutir, em chapa metálica	un	1,00	49,20	49,20
8.3	74130/001	Disjuntor termomagnético monopolar, 10 a 30A	un	4,00	12,55	50,20
8.4	91924	Cabo de cobre isolado PVC 450/750V 1,5mm ² , resistente a chama (Circuito 1)	m	52,00	1,54	80,08
8.5	91926	Cabo de cobre isolado PVC 450/750V 2,5mm ² , resistente a chama (Circuitos 2, 3 e 4)	m	132,00	3,54	467,28
8.6	91930	Cabo de cobre isolado PVC 450/750V 6,0mm ² , resistente a chama (Entrada do Quadro de Distribuição)	m	45,00	6,48	291,60
8.7	91854	Eletroduto de PVC flexível corrugado DN20mm (3/4")	m	40,00	5,05	202,00
8.8	91953	Interruptor simples de embutir 10A/250V com suporte e placa, 1 tecla	un	3,00	16,83	50,49
8.9	91959	Interruptor simples de embutir 10A/250V com suporte e placa, 2 teclas	un	2,00	26,85	53,70
8.10	92000	Tomada de embutir 2P+T 10A/250V, com placa	un	7,00	15,82	110,74
8.11	90456	Quebra em alvenaria para instalação de caixa de tomada 4x2 ou 4x4	un	12,00	2,14	25,68
8.12	74094/001	Luminária tipo spot para 1 lâmpada	un	7,00	24,14	168,98

ANEXO 3

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Orçamento

9		INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS				1.302,76
9.1	89853	Registro de gaveta bruto, D=3/4"	un	2,00	29,07	58,14
9.2	89401	Tubo PVC soldável água fria DN20mm (1/2"), inclusive conexões	m	7,00	4,50	31,50
9.3	89402	Tubo PVC soldável água fria DN25mm (3/4"), inclusive conexões	m	17,00	5,60	95,20
9.4	74144/002	Suporte apoio caixa d'água barrotes de madeira	un	1,00	35,82	35,82
9.5	76372	Caixa d'água fibra de vidro 500 litros com tampa	un	1,00	249,08	249,08
9.6	74058/002	Torneira de boia vazão total 3/4", com balão plástico	un	1,00	62,73	62,73
9.7	89984	Registro de pressão com canopla (1/2")	un	1,00	60,40	60,40
9.8	INSUMO 7608	Chuveiro plástico branco simples	un	1,00	3,86	3,86
9.9	6021	Vaso sanitário com caixa de descarga acoplada	un	1,00	202,07	202,07
9.10	86904	Lavatório em louça branca, sem coluna padrão popular, com torneira cromada popular, sifão, válvula e engate plástico	un	1,00	78,87	78,87
9.11	86933	Bancada de mármore sintético 120x60m, com cuba integrada, incluso sifão tipo garrafa em PVC, válvula em plástico cromado tipo americana e torneira cromada longa, de parede, padrão popular	un	1,00	243,35	243,35
9.12	86928	Tanque de marmore sintético suspenso, 22L ou equivalente, incluso sifão tipo garrafa em PVC, válvula plástica e torneira de plástico	un	1,00	181,74	181,74
10		INSTALAÇÕES SANITÁRIAS				3.480,65
10.1	90286	Tubo PVC esgoto predial DN40mm, inclusive conexões	m	5,00	19,47	97,35
10.2	90287	Tubo PVC esgoto predial DN50mm, inclusive conexões	m	10,00	25,68	256,80
10.3	90289	Tubo PVC esgoto predial DN100mm, inclusive conexões	m	10,00	56,81	568,10
10.4	89707	Caixa sifonada em pvc 100x100x50mm simples	un	1,00	18,23	18,23
10.5	REG 17659/001	Ralo seco de PVC 100x100mm simples	un	1,00	6,96	6,96
10.6	90288	Tubo PVC para esgoto predial DN 75mm (coluna de ventilação)	m	3,50	35,81	125,34
10.7	74051/002	Caixa de gordura simples em concreto pré-moldado DN40mm, com tampa	un	1,00	102,01	102,01
10.8	74166/001	Caixa de inspeção em concreto pré-moldado DN60mm, com tampa, H=60cm	un	2,00	162,62	325,24
10.9	74197/001	Fossa septica em alvenaria de tijolo ceramico macico, dimensões externas 1,90mx1,10mx1,40m, 1.500 litros, revestida internamente com barra lisa, com tampa em concreto armado com espessura 8cm	un	1,00	1.013,69	1.013,69
10.10	74198/001	Sumidouro em alvenaria de tijolo ceramico maciço, diâmetro 1,20m e altura 5,00m, com tampa em concreto armado diâmetro 1,40m e espessura 10cm	un	1,00	966,93	966,93
11		LIMPEZA DA OBRA			0,00	70,29
11.1	9537	Limpeza final da obra	m ²	45,35	1,55	70,29
VALOR POR UNIDADE HABITACIONAL						R\$ 49.361,55

ANEXO 3

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Memória de Cálculo

ITEM	DESCRIÇÃO	FÓRMULAS				TOTAL	
1	Serviços Preliminares						
1.1	Limpeza manual do terreno (com raspagem superficial)	10,00	x	20,00		200,00 m ²	
2	Infraestrutura						
2.1	Locação Convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaleteadas, com reaproveitamento de 10 vezes					45,35 m ²	
2.2	Escavação manual de vala até 1m, solo mole	45,95	x	0,50	x	0,40	9,19 m ³
2.3	Alicerce em pedra preta lat. c/ arg. 1:3, cim/areia	45,95	x	0,30	x	0,40	5,51 m ³
2.4	Concreto ciclópico fck=10MPa (30% pedra de mão) para base dos pilares da área de serviço e varanda (0,40x0,40x0,60m)	2	x	0,096			0,19 m ³
2.5	Baldrame em pedra argamassada, traço 1:4 (20cmx20cm)	45,95	x	0,20	x	0,20	1,84 m ³
2.6	Impermeabilização do baldrame com argamassa de cimento e areia (traço 1:3), com aditivo impermeabilizante, esp=2cm	45,95	x	0,80			36,76 m ²
2.7	Aterro interno (edificações) compactado manualmente	38,48	x	0,15			5,77 m ³
2.8	Cinta inferior de concreto armado 15MPa, 10x15cm, incluindo forma e armações						45,95 m
3	Superestrutura						
3.1	Pilares em concreto armado dosado 15MPa, incluso formas, escoramento e ferragens	1	x	2,5	x	0,04	0,10 m ³
3.2	Cinta superior de concreto armado 13MPa, 10x15cm, incluindo forma e armações						45,95 m
3.3	Contraverga 15x4cm cimento/areia 1:3						13,30 m
4	Parede e Painéis						
4.1	Alvenaria em tijolo ceramico furado 10x20x20cm, 1/2 vez, assentado em argamassa traço 1:4						126,93 m ²
4.2	Cobogó de concreto (elemento vazado) 7x50x50cm, assentado com argamassa traço 1:4	2,00	x	1	x	0,5	1,00 m ²
4.3	Janela de madeira tipo veneziana, de abrir, inclusas guarnições						9,10 m ²
4.4	Porta de madeira semi-oca média, 80x210cm, espessura de 3,5cm, incluso dobradiças, fornecimento e instalação						5,00 unid
5	Cobertura e Proteções						
5.1	Trama (estrutura) de madeira composta por ripas, caibros e terças, para telhados de até 2 águas, para telha cerâmica capa-canal	95,03					95,03 m ²
5.2	Cobertura em telha cerâmica tipo capa-canal com argamassa traço 1:3						95,03 m ²
5.3	Cumeeira com telha cerâmica emboçada com argamassa, traço 1:2:8						11,45 m
5.4	Tabeira com madeira de lei de 1ª qualidade (2,5 x 30cm)						31,20 m

ANEXO 3

MODELO DE UNIDADE HABITACIONAL RURAL UNIFAMILIAR AUTOSSUFICIENTE EM GERAÇÃO E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Memória de Cálculo

9	Instalações hidráulicas					
	Água Fria					
9.1	Registro de gaveta bruto, D=3/4"					2,00 un
9.2	Tubo PVC soldável água fria DN20mm (1/2"), inclusive conexões					7,00 m
9.3	Tubo PVC soldável água fria DN25mm (3/4"), inclusive conexões					17,00 m
9.4	Caixa d'água fibra de vidro 500 litros com tampa					1,00 un
9.5	Suporte apoio caixa d'água barrotes de madeira					1,00 un
9.6	Torneira de boia vazão total 3/4", com balão plástico					1,00 un
9.7	Registro de pressão com canopla (1/2")					1,00 un
9.8	Chuveiro plástico branco simples					1,00 un
9.9	Vaso sanitário com caixa de descarga acoplada, lavatório em louça branca, sem coluna padrão popular, com torneira cromada popular, sifão, válvula e engate plástico					1,00 un
9.10	Banica (tampo) de marmorite, granilite ou granitita					
9.11	120x60cm com cuba, válvula em plástico branco 1", sifão plástico tipo copo 1" e torneira cromada longa 1/2" para pia padrão popular					1,00 un
9.12	Tanque de mármore sintético 22 litros com válvula em plástico branco 1.1/4"x1.1/2", sifão plástico tipo copo 1.1/4" e torneira de metal amarela curta 3/4" para tanque					1,00 un
10	Instalações sanitárias					
10.1	Tubo PVC esgoto predial DN40mm, inclusive conexões					5,00 m
10.2	Tubo PVC esgoto predial DN50mm, inclusive conexões					10,00 m
10.3	Tubo PVC esgoto predial DN100mm, inclusive conexões					10,00 m
10.4	Caixa sifonada em pvc 100x100x50mm simples					1,00 un
10.5	Ralo seco de PVC 100x100mm simples					1,00 un
10.6	Tubo PVC para esgoto predial DN 100mm (coluna de ventilação)					3,50 m
10.7	Caixa de gordura em PVC 250x230x75mm, com tampa e porta-tampa					1,00 un
10.8	Caixa de inspeção em alvenaria de tijolo maciço 60x60x60cm, revestida internamente com barra lisa (cimento e areia, traço 1:4) e=2cm, com tampa pré-moldada de concreto e fundo de concreto 15 Mpa (escavação e confecção)					2,00 un
10.9	Fossa septica em alvenaria de tijolo ceramico macico, dimensões externas 1,90mx1,10mx1,40m, 1.500 litros, revestida internamente com barra lisa, com tampa em concreto armado com espessura 8cm					1,00 un
10.10	Sumidouro em alvenaria de tijolo ceramico maciço, diâmetro 1,20m e altura 5,00m, com tampa em concreto armado diâmetro 1,40m e espessura 10cm					1,00 un
11	Limpeza da obra					
11.1	Limpeza final da obra					45,35 m²


RRT SIMPLES
Nº 0000004391312
 INICIAL
 INDIVIDUAL


1. RESPONSÁVEL TÉCNICO

Nome: VICTOR NOGUEIRA TEIXEIRA MOTA

Registro Nacional: A59818-6

Título do Profissional: Arquiteto e Urbanista, Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

2. DADOS DO CONTRATO

Contratante: Universidade Federal do Maranhão - UFMA

CNPJ: 06.279.103/0001-19

Contrato: Matr 2014102632

Valor: R\$ 0,01

Tipo de Contratante: Pessoa jurídica de direito público

Celebrado em: 20/01/2014

Data de Início: 20/01/2014

Previsão de término: 31/03/2016

Declaro que na(s) atividade(s) registrada(s) neste RRT foram atendidas as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas de acessibilidade da ABNT, na legislação específica e no Decreto Federal nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

3. DADOS DA OBRA/SERVIÇO

AVENIDA DOS PORTUGUESES

Nº: 1966

Complemento: UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Bairro: VILA BACANGA

UF: MA

CEP: 65080805

Cidade: SÃO LUÍS

Coordenadas Geográficas: Latitude: 0

Longitude: 0

4. ATIVIDADE TÉCNICA

Atividade: 6.2 - PESQUISA

Quantidade: 2,00

Unidade: a

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa deste RRT

5. DESCRIÇÃO

Pesquisa e Padronização de Projeto Arquitetônico de Unidade Habitacional Rural com Eletrificação Fotovoltaica para Dissertação de Mestrado Profissional na Universidade Federal do Maranhão.

6. VALOR

Valor do RRT: R\$ 83,58

Pago em: 23/02/2016

Total Pago: R\$ 83,58

7. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

_____, ____ de _____ de _____
 Local Dia Mês Ano

 Universidade Federal do Maranhão - UFMA
 CNPJ: 06.279.103/0001-19

 VICTOR NOGUEIRA TEIXEIRA MOTA
 CPF: 002.675.803-20


RRT SIMPLES
Nº 0000004586792

 INICIAL
 INDIVIDUAL


1. RESPONSÁVEL TÉCNICO

Nome: VICTOR NOGUEIRA TEIXEIRA MOTA

Registro Nacional: A59818-6

Título do Profissional: Arquiteto e Urbanista, Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho

2. DADOS DO CONTRATO

Contratante: Universidade Federal do Maranhão - UFMA

CNPJ: 06.279.103/0001-19

Contrato: Matr 2014102632

Valor: R\$ 0,01

Tipo de Contratante: Pessoa jurídica de direito público

Celebrado em: 20/01/2014

Data de Início: 20/01/2014

Previsão de término: 25/04/2016

Declaro que na(s) atividade(s) registrada(s) neste RRT foram atendidas as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas de acessibilidade da ABNT, na legislação específica e no Decreto Federal nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004.

3. DADOS DA OBRA/SERVIÇO

AVENIDA DOS PORTUGUESES

Nº: 1966

Complemento: UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO

Bairro: VILA BACANGA

UF: MA

CEP: 65080805

Cidade: SÃO LUÍS

Coordenadas Geográficas: Latitude: 0

Longitude: 0

4. ATIVIDADE TÉCNICA

Atividade: 1.1.2 - Projeto arquitetônico

Quantidade: 45,35

Unidade: m²

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deverá proceder a baixa deste RRT

5. DESCRIÇÃO

Projeto Arquitetônico de Unidade Habitacional Rural com Eletrificação Fotovoltaica para Dissertação de Mestrado Profissional na Universidade Federal do Maranhão

6. VALOR

Valor do RRT: R\$ 83,58

Pago em: 22/04/2016

Total Pago: R\$ 83,58

7. ASSINATURAS

Declaro serem verdadeiras as informações acima.

_____, ____ de _____ de _____
 Local Dia Mês Ano

 Universidade Federal do Maranhão - UFMA
 CNPJ: 06.279.103/0001-19

 VICTOR NOGUEIRA TEIXEIRA MOTA
 CPF: 002.675.803-20

Projeto de Habitação Rural Eco-Eficiente com Geração Solar Fotovoltaica Individual

Victor N. T. Mota, Osvaldo R. Saavedra e Shigeaki Lima

Neste artigo é discutido e desenvolvido um modelo de habitação rural que atende critérios de baixo custo, de conforto ambiental para os usuários e de eficiência energética. A principal motivação é dar um indicativo para as políticas de habitação rural, de forma a viabilizar a extensão deste benefício para setores rurais desassistidos por programas de eletrificação, cuja condição é mandatória para elegibilidade de programas de habitação rural.

Palavras Chave: Eficiência energética; energia solar fotovoltaica; habitação rural isolada; sistemas off-grid.

I. INTRODUÇÃO

O direito a moradia digna está garantido na Constituição Federal e é uma questão bastante discutida nas políticas urbanas e no desenvolvimento sustentável das cidades, tanto na zona urbana como na zona rural. Porém, o cidadão do campo de áreas isoladas tem acesso mais lento à implantação efetiva destas políticas.

O acesso a algumas comunidade rurais é restrito e muito difícil, o que inviabiliza não só a construção de moradias dignas, mas também o acesso ao conhecimento de uma forma geral. Muitas pessoas vivem em condições subumanas, sem higiene, sem cuidados com a saúde, e consideram tal situação “normal”.

O êxodo rural equivocado aumenta o desemprego e a marginalização das pessoas. Sendo assim, é essencial para o desenvolvimento sustentável das cidades que o homem do campo nele se mantenha, garantindo condições de desenvolvimento econômico e social para presentes e futuras gerações das cidades.

Para garantir qualidade de vida ao trabalhador rural, é necessária a construção de casas de forma eficiente, o que envolve técnicas aperfeiçoadas de engenharia e aplicação precisa de recursos. Também é necessária uma infraestrutura básica de saneamento (água para consumo e esgotamento sanitário) e eletrificação da comunidade.

Ocorre que grande parte das comunidades rurais isoladas ainda não possui rede elétrica das concessionárias de energia, necessitando em alguns casos de uma solução alternativa de fornecimento desta.

Os programas de habitação rural, como o PNHR –

Programa Nacional de Habitação Rural [10], estabelecem critérios para disponibilização de recursos destinados à construção das unidades habitacionais rurais. Dentre estes critérios, está a exigência de solução de fornecimento de energia elétrica à casa a ser construída.

De certo, como visto, a energia elétrica é um bem essencial para o ser humano, porém, nem todas as comunidades rurais possuem rede elétrica disponível. E esse ponto é um grande obstáculo.

Ora, se é necessária a existência de energia elétrica para a disponibilização de casas à comunidade rural carente, como proceder?

Certamente, existe um vácuo nesta política habitacional, que exclui um enorme número de brasileiros que residem na área rural. Esta situação é a principal motivação do presente trabalho que objetiva formular uma solução que atenda por um lado as condições de economicidade e viabilidade exigidas pelo poder público, e por outro lado prover uma solução integrada de moradia eficiente, confortável e com serviço elétrico autônomo.

A fonte de energia renovável mais adequada à microgeração de energia elétrica é a solar fotovoltaica. É de baixo impacto ambiental, limpa e renovável, o que contribui para o desenvolvimento sustentável. A radiação solar tem mais disponibilidade que ventos fortes. Para aplicação em unidades habitacionais, as áreas dos telhados poderão ser aproveitadas, sem prejuízo da cobertura da casa. A instalação das placas solares e dos equipamentos de inversão e armazenamento de energia são de fácil instalação, possuem vida útil longa e manutenção baixa.

Para tanto, deverão ser considerados não só fatores de eficácia da geração de energia dos painéis fotovoltaicos, mas também a eficiência dos projetos arquitetônicos em função do conforto ambiental da unidade habitacional e da eficiência energética da edificação. Segundo Lamberts [8], “A eficiência energética na arquitetura é um atributo da edificação representante do seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia”. Um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas características de conforto ambiental com menor consumo de energia. Torna-se eco-eficiente quando estas características reduzem a agressão ao meio ambiente.

Segundo Silva [14], “Na Europa também se observa processo semelhante quanto ao dinamismo da disseminação desta arquitetura bioclimática ou de low carbon. Vários países europeus têm políticas instituídas, através de leis, normas técnicas, sistemas de certificação e também de incentivos, tanto para a readequação de antigos prédios visando torná-los energeticamente eficientes, quanto para a construção de

Victor Nogueira Teixeira Mota é aluno do Mestrado Profissional em Energia e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão, arquiteto e coordenador do Programa Nacional de Habitação Rural na Gerência Executiva de Habitação de São Luís/MA, da Caixa Econômica Federal, (e-mail: victor.t.mota@caixa.gov.br)

Osvaldo Ronald Saavedra é doutor, professor titular, pesquisador e coordenador do Instituto de Energia Elétrica – IEE da Universidade Federal do Maranhão (e-mail: o.saavedra@ieec.org)

Shigeaki Lima é doutor e professor do BCT/UFMA e pesquisador do IEE/UFMA. (e-mail: sllima@ieec.org)

novos, dentro destes parâmetros”.

Da mesma forma, deve-se levar em consideração a aplicação de tal projeto em grande escala, visando a sua implantação em programas habitacionais de interesse social. Para que a construção se mostre um empreendimento rentável, a escala de produção tem que ser maximizada e deve haver uma padronização nos projetos [9].

II. CONSTRUÇÃO ECO-EFICIENTE

A casa eco-eficiente deve cumprir parâmetros mínimos de habitabilidade, segurança e salubridade, mas também conforto ambiental, eficiência energética e todo o processo de concepção, desde o projeto, aplicação de materiais de construção e operacionalização da unidade habitacional, deve ser sustentável.

Devem ser considerados ainda aspectos como a insolação direta de ambientes com o Sol da manhã nos cômodos sociais, a circulação de ventos para troca do ar dos ambientes e aspectos de conforto físico como espaços adequados, levando-se também em consideração equipamentos ergonômicos e acessibilidade da edificação, inclusive a portadores de necessidades especiais.

O conforto ambiental de uma casa é mensurado a partir de aspectos como temperatura agradável, com ventilação natural predominante, proteção às intempéries externas como chuvas, radiação solar, acústica adequada a cada ambiente de acordo com as tarefas realizadas e iluminação também adequada às tarefas de cada ambiente, priorizando-se a iluminação natural [8].

Os materiais a serem aplicados na construção das casas devem ser escolhidos considerando os custos, mas principalmente as características de desempenho térmico, acústico, de resistência, bem como a funcionalidade, qualidade e disponibilidade de acesso a estes na região, priorizando recursos locais.

O modelo desenvolvido de Projeto Arquitetônico atende as exigências do Programa Nacional de Habitação Rural, atende as Normas de Desempenho das edificações [2] [3], e possui alimentação elétrica gerada a partir de painéis solares fotovoltaicos instalados nos telhados da unidade habitacional, com capacidade de geração de energia suficiente para atender a toda a demanda da residência. O modelo foi desenvolvido para residência situada em região do semiárido, para as proximidades da capital do estado do Maranhão.

O Estado maranhense está localizado em zona equatorial úmida e quente, possui ventilação predominante vinda do Nordeste e está situado na Zona Bioclimática Brasileira 8 [2]. Com base nestas características, o projeto foi especificado com materiais de construção que proporcionam proteção térmica às temperaturas elevadas do local, mas, ao mesmo tempo, com aproveitamento da ventilação e iluminação naturais.

Como a região é de intenso calor, a temperatura interna da edificação deve ser igual ou inferior à temperatura externa na sombra. A seleção dos materiais para as esquadrias, vedações

e cobertura foi realizada fundamentalmente com base nas características de desempenho térmico [2].

As esquadrias devem ser selecionadas considerando a menor condutividade térmica (regiões quentes) do material adotado. Na região do Maranhão, o vidro é equivocadamente adotado para as janelas, criando uma estufa no interior das edificações, reduzindo ainda a área de abertura das esquadrias. O material ideal para as janelas é a madeira. A condutibilidade térmica da madeira é de 0,15W/m.K, quase dez vezes menor que o vidro comum utilizado em janelas, que é de 1W/m.K [2].

Para a vedação (paredes) foi adotado o tijolo cerâmico de seis furos (circulares), com medidas de 10x15x20cm, assentados na menor dimensão (½ vez), revestidos com argamassa de cimento e areia (chapisco, emboço e reboco) com espessura de 2,5cm. A espessura total da parede de vedação é de 15cm. Pintadas por fim com tinta branca adequada às intempéries no lado externo e tinta Látex PVA internamente, também na cor branca. A escolha da cor e da rugosidade do revestimento influencia diretamente no desempenho térmico e de iluminação. Quanto mais lisa e clara for a superfície, maior a refletância de calor e de luz.

Para a região, a cobertura ideal é a telha cerâmica colonial, tendo em vista a sua capacidade de refletância da radiação solar, o que garante melhor condicionamento térmico no interior da edificação.

A cobertura em telha cerâmica é ideal para a fixação dos painéis solares fotovoltaicos, pois não transmitem calor aos painéis, pois o ar circula no encaixe das telhas (capa e canal) e a inclinação da cobertura é propícia à inclinação necessária dos painéis fotovoltaicos na região sugerida (Fig. 1). O partido arquitetônico beneficiou o posicionamento dos painéis, os quais devem ficar voltados para o Norte, para melhor aproveitamento da insolação durante todo o período de sol.



Fig. 1. Perspectiva do modelo proposto para Unidade Habitacional Rural

Tão importante quanto a seleção do material adequado é o partido arquitetônico a ser adotado, o layout da edificação, o posicionamento das aberturas e altura do pé direito para circulação do ar. O presente projeto foi elaborado considerando a captação dos ventos predominantes e a circulação por todos os ambientes da casa de permanência

significante dos usuários.

O partido arquitetônico privilegiou a posição da casa em relação ao Sol e aos ventos. Nota-se que a edificação foi posicionada com frente para o Nascente (Leste), beneficiando a iluminação natural matinal.



Fig. 2. Planta de layout com indicação do fluxo dos ventos predominantes

Não foi aplicado forro para os cômodos da casa, com exceção para o banheiro. Porém, foi garantido um pé-direito mínimo de 2,50m nas alturas mais baixas do telhado, o que permite uma melhor troca de calor e melhor aproveitamento da inversão térmica (o ar quente sobe e o ar frio desce).

No mais, as aberturas das esquadrias foram posicionadas para proporcionar ventilação cruzada quando todas abertas, circulando ar por toda a unidade habitacional, garantindo conforto térmico aos usuários da edificação a temperatura amena (Fig. 2) [8].

Comparando-se o projeto elaborado a um modelo arquitetônico crítico de eficiência energética, com vedação em paredes de concreto e cobertura em telhas de fibrocimento, temos a seguinte relação [2]:

TABELA I
Comparação de materiais aplicáveis a edificações

Tipo de Parede	Transmitância Térmica (U) W/m ² .K	Atraso Térmico (φ) horas
Parede de tijolos de 6 furos circulares, assentados na menor dimensão Dimensões do tijolo: 10,0x15,0x20,0cm Espessura da argamassa de assentamento: 1,0 cm Espessura da argamassa de emboço: 2,5 cm Espessura total da parede: 15,0cm	2,28	3,7
Parede de concreto maciço Espessura total da parede: 10,0cm	4,4	2,7
Tipo de Cobertura	Transmitância Térmica (U) W/m ² .K	Atraso Térmico (φ) horas
Cobertura de telha de barro sem forro Espessura da telha: 1,0 cm	4,55	0,3
Cobertura de telha de fibrocimento sem forro Espessura da telha: 0,7 cm	4,6	0,2

O atraso térmico também influencia na qualidade térmica da edificação. O atraso térmico é o deslocamento dos picos de temperatura. O aumento do atraso térmico com a utilização de materiais específicos pode deslocar o pico de calor para horários menos quentes. As temperaturas extremas com sol a pino na região 12h se deslocam para 16h com alvenarias de tijolos cerâmicos e para 15h em alvenarias de concreto. Às 16h as temperaturas externas estão mais amenas e os ventos compensam o deslocamento de horário das temperaturas nas alvenarias.

O modelo proposto proporciona uma eficiência energética maior que o modelo crítico, garantindo conforto térmico e reduzindo o consumo de energia elétrica na edificação.

As tipologias locais de casas de taipa não foram comparadas pela característica mista e não perfeitamente conhecida dos materiais utilizados, bem como pela ausência de salubridade e segurança na referida tipologia de edificação, incompatíveis ao desenvolvimento sustentável urbano.

III. DEMANDA ENERGÉTICA E PROJETO SOLAR FOTOVOLTAICO

A demanda energética dos equipamentos elétricos da casa foi computada a partir da quantidade média de habitantes, dos eletrodomésticos essenciais e inseridos na cultura doméstica brasileira como refrigerador e máquina de lavar roupas, e dos equipamentos eletrônicos de entretenimento e informação como o televisor e o rádio. A demanda previu ainda a iluminação da unidade habitacional e reserva energética para inserção de outros aparelhos eletrônicos. Todos os equipamentos foram selecionados considerando-se ainda a sua eficiência energética. Assim sendo, as lâmpadas escolhidas foram de LED e os eletrodomésticos com baixo consumo de energia.

TABELA II
Cálculo da demanda energética básica da residência modelo

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	POTÊNCIA (W)	TOTAL (W)
Lâmpada LED	7	10	70
Geladeira 260L	1	90	90
Máquina de Lavar Roupas	1	100	100
Televisão LED 32"	1	77	77
Tomadas de Uso Geral	4	100	400
TOTAL			737

O sistema de geração de energia solar fotovoltaico é composto pelos painéis fotovoltaicos, por um controlador de carga, pelo inversor que transforma a corrente contínua para corrente alternada e pelo sistema de armazenamento de energia (banco de baterias).

O controlador é o responsável por regular a energia fornecida pelos painéis que será armazenada nas baterias. Os painéis geram energia em corrente contínua, sendo necessária a conversão em corrente alternada, que é o padrão de uso doméstico no Brasil. O inversor é de fácil manuseio e operação, bastando o "reset" da configuração para reinício das operações em caso de alguma irregularidade, funcionando

de modo plenamente automático, com segurança contra surtos e descargas elétricas.

O armazenamento de energia é realizado em baterias estacionárias, monitoradas por um controlador de carga, projetadas especificamente para este tipo de operação. Usualmente utiliza-se baterias seladas evitando-se a emissão de gases, não demandando manutenção. O projeto da residência prevê local adequado para a locação das baterias, na parte externa da casa.

O projeto foi elaborado considerando uma descarga de 40% da capacidade das baterias, de forma a preservar a vida útil.

Para recarga das baterias, os painéis foram dimensionados de modo a proporcionar energia suficiente para toda a demanda energética da residência nos horários de pico solar mais a recarga das baterias a 10% da capacidade por hora, o que garante recarga total em dia de sol, mesmo com a demanda energética de todos os equipamentos da residência. As baterias foram dimensionadas ainda para suprir energia durante dois dias à residência (significa que a geração é capaz de carregar o banco caso seja totalmente descarregado), ainda que não faça sol neste período.

Os painéis solares possuem facilidade de limpeza e manutenção, e modularidade. A manutenção pode ser feita pelo próprio usuário da residência, pois o material é resistente e lacrado. A modularidade do sistema permite a ampliação da capacidade de geração de energia, que pode acompanhar o crescimento da família e da própria residência, também projetada para futuras ampliações.

Conforme dados do INMETRO [6], segue na Tabela III o dimensionamento do sistema:

TABELA III

Cálculo do consumo para dimensionamento do sistema

EQUIPAMENTO	TOTAL DE W/Dia	TOTAL DE Kwh/Mês
Geladeira	830	24,9
Televisão	539	16,17
Lava Roupa	200	6
Iluminação	150	4,5
Tomadas de Uso Geral	400	12
TOTAL	2119	63,57

Considerando-se baterias de 12V, temos a quantidade de Ah (amperes hora) ao dia calculada pela divisão do consumo diário por essa tensão. O consumo diário foi calculado inicialmente desconsiderando-se a energia a ser armazenada nas baterias:

$$2119 / 12 = 176,58\text{Ah/dia}$$

Para um banco com baterias de 120Ah de capacidade, tem-se a quantidade destas dividindo-se a quantidade de amperes hora (Ah) ao dia pela capacidade da bateria:

$$176,58 / 120 = 1,47 \text{ baterias}$$

As baterias possuem uma profundidade de descarga máxima para garantir a durabilidade da mesma. Para tanto, deve-se considerar uma profundidade de descarga de 40%. Assim sendo, aplica-se um fator de segurança de descarga de 40% ao valor da quantidade de baterias:

$$1,47 / 0,40 = 3,67 \text{ baterias}$$

Como proposto, o sistema deverá garantir autonomia para até dois dias consecutivos, para o caso de ausência de sol neste período. Assim sendo, o banco de baterias deverá ser dobrado.

$$3,67 * 2 = 7,35 \text{ baterias}$$

Aproximando o valor para o número imediatamente superior, temos um banco de 08 (oito) baterias, de 12V cada, arranjadas em série/paralelo para uma tensão de 24V, devidamente condicionadas no espaço projetado ao lado do acesso externo da cozinha.

Os painéis devem ser dimensionados considerando-se as demandas energéticas dos equipamentos da residência, mas também a capacidade de suprir energia suficiente para recarregar as baterias.

Este ponto é crítico, pois não basta aumentar a capacidade de geração de energia dos painéis, visto que o banco de baterias tem capacidade de recarga de 10% da capacidade por hora. Isto significa que para otimizar a recarga das baterias seria necessário mais tempo de insolação e não necessariamente mais potência de energia gerada. É o chamado C10, característica das baterias, ponto crítico do sistema.

Desta forma, a demanda energética da residência aumentará com a necessidade de recarga das baterias. Considerando-se 05 horas de insolação útil, as baterias serão recarregadas a 12Ah por hora. Ao todo são oito baterias, cada uma com 12V, o que totaliza 480 Wh/dia.

A energia a ser recolocada no banco corresponde ao 40% da capacidade nominal, isto é, 384Ah em um dia. Isso corresponde a uma carga de 4.608Wh/dia, que somado com a carga dá uma estimativa da dimensão do conjunto de painéis.

O modelo escolhido de painel fotovoltaico possui potência de pico de 240 W. Para cinco horas de insolação diária, temos o seguinte cálculo aproximado de potência:

$$240 \times 5 = 1200 \text{ Wh/dia}$$

A demanda total a ser suprida pelo conjunto de painéis é:

$$4708 + 2119 = 6727 \text{ Wh/dia}$$

Logo, o número de painéis FV é estimado como segue:

$$62727 / 1200 = 5,6 \text{ painéis}$$

Aproximando para o número inteiro superior, o arranjo fotovoltaico será formado por 6 painéis de 240Wp conectados em série/paralelo para fornecer uma tensão CC equivalente de 24V.

IV. MODELO INTEGRADO

A eficiência energética da edificação, através da otimização do conforto ambiental é capaz de reduzir a demanda energética das placas solares, de modo a reduzir a necessidade de geração de energia elétrica, compactando o sistema de painéis fotovoltaicos e evitando desperdícios de energia.

O modelo integrado proporciona em prazo imediato conforto ao usuário e isenção de contas de energia. A longo prazo, poderá proporcionar oferta de energia a toda a população isolada das redes de distribuição elétrica, auxiliará na redução do custo da energia elétrica para o consumidor com a popularização da tecnologia fotovoltaica e na redução de poluentes e redução do aquecimento global.

V. ASPECTOS FINANCEIROS

Os materiais a serem aplicados na construção de casas eco-eficientes devem ser escolhidos, levando-se em consideração os custos, mas principalmente as funções, qualidades e disponibilidade de acesso na região, priorizando recursos locais.

Deve-se considerar a utilização de materiais em grande escala, pois empreendimentos de habitação popular têm a característica da repetitividade do projeto para viabilização econômica da implantação. O orçamento analítico para o projeto apresentado foi realizado levando-se em consideração os valores de mercado do mês de dezembro de 2015, para o município de São Luís – MA, com base nas medianas dos valores das composições dos serviços constantes do Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI [4], sistema de referência para obras públicas, mantido pela Caixa Econômica Federal.

O valor calculado para a unidade habitacional, sem considerar o sistema de abastecimento de energia elétrica foi de R\$49.361,55 (quarenta e nove mil, trezentos e sessenta e um reais e cinquenta e cinco centavos).

O valor do sistema de minigeração de energia fotovoltaico integrado à edificação proposto, conforme especificações, foi estimado em R\$9.103,78 (nove mil, cento e três reais e setenta e oito centavos), em janeiro de 2016. Quanto maior a quantidade de sistemas demandados, maior a escala de produção, o que reduz os custos de produção.

O valor final calculado para a unidade habitacional com o sistema de geração de energia fotovoltaico, incluindo sistemas de conversão e armazenamento de energia, foi de

R\$58.465,33 (cinquenta e oito mil, quatrocentos e sessenta e cinco reais e trinta e três centavos). O projeto arquitetônico proposto possui 45,35m² de área construída. O custo do metro quadrado do projeto proposto é de R\$1,289,20 (mil, duzentos e oitenta e nove reais e vinte centavos).

Comparando-se este valor ao Custo Unitário Básico – CUB [15], do Sindicato das Indústrias da Construção Civil do Estado do Maranhão, no mesmo período (dezembro de 2015), para construção de unidade residencial popular, de R\$1.105,88 (mil, cento e cinco reais e oitenta e oito centavos) por metro quadrado, temos uma diferença financeiramente equivalente a 16,5% (dezesesseis vírgula cinco por cento). Esta diferença pode ser interpretada como o custo do conforto ambiental e qualidade de vida aos usuários fornecidos pela edificação proposta.

O valor total inclui mão de obra e aquisição de materiais para os serviços necessários. Há de se observar que os programas de habitação de interesse social na zona rural podem utilizar o próprio beneficiário da unidade habitacional como mão de obra na construção das casas, em regime de mutirão assistido ou autoconstrução assistida [10], reduzindo desta forma até 35% do valor orçado.

O custo total da construção da casa com arquitetura eco-eficiente e geração de energia elétrica autônoma através da energia do sol nos painéis fotovoltaicos é insignificante diante do benefício social que pode advir deste sistema.

O desenvolvimento social é a base para o desenvolvimento econômico. Uma comunidade rural isolada que não possui energia elétrica e condições mínimas de habitabilidade não tem condições suficientes para o desenvolvimento sustentável da população nos moldes da cultura atual. Uma vez com acesso à energia elétrica e moradia digna, a comunidade é capaz de produzir mais empregos e consequentemente renda. Condição fundamental para proporcionar melhor alimentação, saúde, educação, lazer e oportunidades de crescimento.

VI. CONCLUSÕES

O modelo de projeto proposto para unidade habitacional autossuficiente em geração e consumo de energia elétrica, atendendo critérios de conforto ambiental e eficiência energética, para localidades isoladas dos grandes centros urbanos, viabiliza aos possíveis usuários qualidade de vida.

Trabalhos similares têm sido desenvolvidos e reportados em inúmeros artigos e relatórios. Entretanto, o valor do presente artigo está no fato de abordar um problema real e sistêmico nos programas de habitação rural, que exclui tacitamente uma importante parcela da população rural, atrasando ou simplesmente obstaculizando o acesso dela a melhores condições de vida.

O modelo proposto, além de contribuir com eco-eficiência e autonomia energética, apresenta custo muito competitivo, e está sendo proposto como solução ao Programa Nacional de Habitação Rural, para tornar elegíveis para este o programa todos os residentes em área rural, sem exclusão.

É notória a importância da arquitetura das edificações para a eficiência energética dos sistemas solares fotovoltaicos. A integração do sistema à edificação é essencial para o bom desempenho da edificação e da geração de energia.

Para tanto, observa-se que a escolha adequada dos materiais de construção, aliada às técnicas de elaboração de projetos arquitetônicos sustentáveis, é fundamental para tal integração.

O planejamento de utilização da energia fotovoltaica no Brasil está por demais lento e deve ser priorizado tanto em pesquisas como em implantação efetiva. Não bastam as políticas serem aplicadas somente em textos se não forem aplicadas na prática.

O crescimento da demanda por painéis fotovoltaicos estimulará a indústria e o comércio, bem como fomentará novas políticas de incentivos à geração de energia limpa, a exemplo de países desenvolvidos que incluíram definitivamente a geração de energia fotovoltaica em sua matriz energética, concedendo tarifas-prêmio, isenções de impostos e outras formas de incentivo aos geradores de energia limpa.

VII. REFERÊNCIAS

- [1] ARVIZU, D., P. BALAYA, L. CABEZA, T. HOLLANDS, A. JÄGER-WALDAU, M. KONDO, C. KONSEIBO, V. MELESHKO, W. STEIN, Y. TAMAURA, H. XU, R. ZILLES, 2011: Direct Solar Energy. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation [O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, C. von Stechow (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Partes 1 a 5. Rio de Janeiro, 2003.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Habitacionais — Desempenho. Partes 1 a 5. Rio de Janeiro, 2013.
- [4] CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Disponível em <http://www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em 28 de janeiro de 2016.
- [5] HINRICHS, R. A.; KLEINBACH, M.; REIS, L. B. dos. Energia e Meio Ambiente. São Paulo: Cengage Learning, 2010, 708p.
- [6] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Informação ao Consumidor. Tabelas de Consumo / Eficiência Energética. Brasil. 18/01/2016. Disponível no endereço eletrônico: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>. Acesso em 26/01/2016.
- [7] IZIDORO, Bruna C.; ORSI, Gustavo C.; CORDEIRO, Leandro R. Estudo do panorama nacional para sistemas fotovoltaicos conectados à rede após a resolução 482/2012 da ANEEL. 2014. 171 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Industrial Elétrica – Ênfase Eletrotécnica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- [8] LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. 3ª Edição. Eletrobras Procel. 2014.
- [9] LEAL, U. Três não é demais. Construção Mercado, São Paulo, n. 109, p. 20-24, ago. 2010. C. E. S. Análise de Viabilidade Técnica / Econômica. Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2007.
- [10] MINISTÉRIO DAS CIDADES. Programa Nacional de Habitação Rural. Brasília. 2009. Cartilha do PNHR. MCMV. Disponível em http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNH/ArquivosPDF/cartilha_pnhr_2.pdf. Acesso em 28 de janeiro de 2016.
- [11] SAAVEDRA, O. R.; OLIVEIRA, S. H. de; MATOS, J. G. de. A Geração Solar e Eólica como Vetor de Desenvolvimento Sócio-Econômico em Comunidades Isoladas no Maranhão: O Projeto da Ilha dos Lençóis. I CBENS - I Congresso Brasileiro de Energia Solar. Fortaleza. 8 a 11 de abril de 2007.
- [12] SAAVEDRA, O. R.; OLIVEIRA, S. H. de; MATOS, J. G. de. Energia Solar e Eólica como vetor de desenvolvimento de comunidades isoladas no Maranhão: O Projeto da Ilha dos Lençóis. Revista Inovação, São Luís, v. 02, p. 32 - 34., 2006.
- [13] SAAVEDRA, O. R.; MATOS, J. G. de; RIBEIRO, L. A. de S.; MARTINS, A. S.; GABIATTI, G.; BONAN, G. Inversores para aplicações em sistemas solar-eólicos em regiões isoladas. Geração solar eólica Correta_3_Fevereiro_pag 160 a 171. 23/02/2009.
- [14] SILVA, A. L. P. Brasília Frente ao novo Paradigma da Arquitetura Eco-Eficiente. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Energias. https://www.grancursospresencial.com.br/novo/upload/Artigo_ALEJANDRO_LUIZ_20090624074158.pdf. Acesso em 28 de janeiro de 2016.
- [15] SINDUSCON/MA. Custo Unitário Básico do Maranhão por metro quadrado de área construída. São Luís, 2015. Disponível em <http://www.sinduscon-ma.com.br/site/downloads/cubvigente.pdf>. Acesso em 28 de janeiro de 2016.
- [16] VILLALVA, M. G. e GAZOLI, J. R.; Energia Solar Fotovoltaica. Conceitos e Aplicações. São Paulo: Editora Érica Ltda. 1ª Edição, 2013.