



XII SIBESA

XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental  
2014



## XI-018 - PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE FONTES RENOVÁVEIS EM COMUNIDADES ISOLADAS DA REGIÃO NORTE DO BRASIL

**Carolina Silva Ribeiro<sup>(1)</sup>**

Economista pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestranda em Economia pelo Programa de Pós Graduação em Economia (PPGE)-UFBA.

**Verônica Ferreira Silva dos Santos**

Economista pela Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS). Mestranda em Economia pelo Programa de Pós Graduação em Economia (PPGE)-UFBA.

**Gisele Ferreira Tiryaki**

Economista pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Mestre em Economia pela Northeastern University. Doutora em Economia pela George Mason University. Professora da Faculdade de Economia e do PPGE da UFBA.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua do Albatroz, 127, Cond. Praia dos Corsários, Edf. Antilhas, Ap. 701 – Imbuí – Salvador – BA – CEP: 41720-420 – Brasil – Tel.: (71) 88691638 – e-mail: [minacarol@gmail.com](mailto:minacarol@gmail.com)

### RESUMO

O padrão de produção da energia elétrica no Brasil muitas vezes não alcança comunidades distantes, para onde, em muitos casos, é impossível levar postes e transformadores, o que inviabiliza a instalação da rede elétrica convencional. A utilização de fontes renováveis de energia vem a ser uma alternativa para os grupos isolados, promovendo a inclusão social dessas comunidades, além de auxiliar na economia de tais regiões. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo analisar o aproveitamento das fontes renováveis para a geração de energia elétrica em comunidades isoladas da região Norte do país. Além de buscar verificar como o acesso à energia pode promover a inclusão social e o bem estar de tais comunidades. Para o desenvolvimento do tema foi adotada a metodologia de estudos de caso para compreender a importância do uso de fontes renováveis para geração de energia elétrica em comunidades isoladas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fontes Renováveis de Energia, Inclusão Social, Energia Elétrica, Comunidades Isoladas.

### INTRODUÇÃO

A energia elétrica representa, nos dias atuais, um recurso essencial e de fundamental importância no desenvolvimento das sociedades. A falta de acesso à eletricidade é um fator indicativo de más condições de vida e reflete um baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), uma vez que implica em dificuldades quanto à qualidade de serviços de saúde, abastecimento de água e educação, além de acesso limitado a informações. O mais importante é que as restrições ao acesso à energia limitam de forma significativa o desenvolvimento eficiente das atividades produtivas, restringindo a geração de renda e emprego.

O processo de eletrificação no Brasil, assim como em muitos outros países, foi dirigido, principalmente, às áreas urbanas e aos lugares com maior potencial de crescimento econômico. Ou seja, foi instaurado a partir das grandes cidades e centros industriais para as pequenas cidades e comunidades rurais mais distantes. Assim, o modelo de fornecimento de energia elétrica no Brasil foi baseado na geração de grandes blocos de energia conectados à rede de distribuição do Sistema Interligado Nacional (SIN). E, com isso, muitas comunidades remotas, concentradas principalmente na região Norte do país, ainda hoje, não são atendidas pela rede de distribuição de energia elétrica. O fornecimento de energia elétrica para as comunidades isoladas é fundamental para promover melhorias nas condições de vida da população e inclusão social, possibilitando a realização de atividades econômicas.

Nos Sistemas Isolados (SI) a rede elétrica não está conectada ao SIN e, como este não sofreu ao longo do tempo adaptações substanciais para atender ao SI, o sistema energético nacional termina por causar uma

exclusão elétrica à região Norte. E, o resultado disso são a falta de alguns serviços essenciais às comunidades ribeirinhas mais distantes, tais como: saúde, educação, entre outros. Além da privação de utilizar os mais básicos meios de comunicação.

Eletrificar o meio rural não é uma tarefa fácil, tanto devido à questão ambiental, quanto à econômica. As longas distâncias, os obstáculos naturais (extensão dos rios, a presença de áreas de mangue ou de floresta, ou até mesmo de ilhas marítimas ou fluviais), as dificuldades de acesso, baixa densidade populacional, dificultam o atendimento pelo sistema convencional de distribuição. Os sistemas térmicos a diesel são utilizados em comunidades rurais isoladas, mas apresentam custos elevados associados à operação e à logística de distribuição do combustível.

Diante do exposto, a utilização de fontes renováveis (eólica, solar, hidráulica, biomassa e geotérmica) vem a ser uma alternativa para os grupos isolados, promovendo a inclusão social das comunidades remotas. Com o objetivo de acelerar a implantação de projetos que atendam estas comunidades, o Ministério de Minas e Energia (MME), no âmbito do Programa Luz para Todos, buscou parcerias com instituições, como universidades públicas e centros de estudos científicos para a implantação de projetos-piloto (BRASIL, 2010). A ideia desta iniciativa é desenvolver projetos específicos que possibilitem às empresas maturar novas formas de atendimento através das fontes renováveis.

Algumas das opções tecnológicas consideradas foram os sistemas de geração descentralizada, a partir de mini e microcentrais hidrelétricas, usinas térmicas a biocombustíveis, usina solar fotovoltaica, aerogeradores e sistemas híbridos. Conforme é demonstrado pela literatura especializada, o Brasil possui uma matriz energética bastante diversificada. Esta, por sua vez, é constituída, no que diz respeito à oferta, pelas fontes: hidráulica, biomassa, gás natural, nuclear, derivados do petróleo, carvão e eólica.

Compreendendo a importância da participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira para geração de energia elétrica nas comunidades remotas, o presente trabalho tem por objetivo analisar o aproveitamento das fontes renováveis de energia para a geração de energia elétrica em comunidades isoladas da região Norte do país. Além de buscar verificar como o acesso à energia pode promover a inclusão social e o bem estar de tais comunidades.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Segundo Yin (2005), o estudo de caso é uma investigação empírica que permite o estudo de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Assim, a metodologia utilizada foi de estudos de caso para compreender a importância do uso de fontes renováveis para geração de energia elétrica em comunidades isoladas.

Diante da exclusão elétrica por qual passa algumas comunidades isoladas da região Norte e onde muitos dos jovens decidem deixar suas cidades por falta de oportunidades, buscou-se selecionar alguns projetos que além da geração de energia também fomentasse o desenvolvimento de atividades econômicas na região evitando o êxodo. Assim, nos casos escolhidos pretendeu-se avaliar o sucesso dos projetos realizados através da magnitude do número de famílias/residências beneficiadas e seu alcance social e econômico.

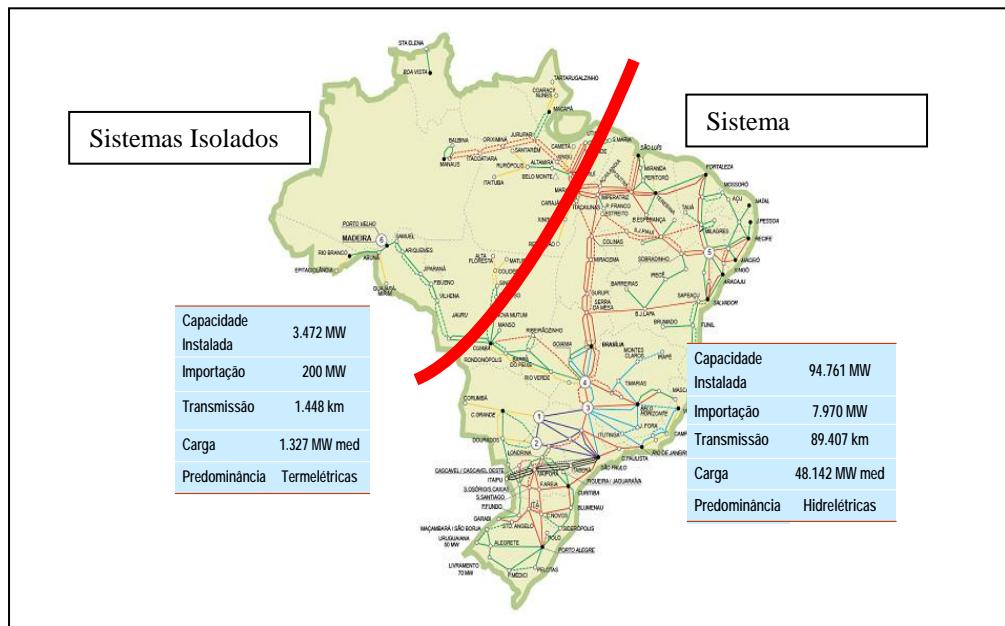
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### AS COMUNIDADES ISOLADAS

Como fora citado anteriormente, o modelo de distribuição de energia do Brasil não proporciona que toda a população usufrua dos benefícios da utilização de energia elétrica. Muitas comunidades distantes dos grandes centros urbanos e com baixa densidade populacional sofrem as consequências da falta de energia elétrica, e por diversas vezes tem como resultado o êxodo de seus habitantes para outras regiões em busca de melhores condições de vida.

Essas comunidades isoladas apresentam como características: baixa densidade populacional, restrições de fontes de energia convencionais, infraestrutura urbana deficiente, baixo nível de atividade econômica, difícil acesso e distância dos grandes mercados consumidores. (ROSÁRIO, ELS e JÚNIOR, 20-?). Tratam-se, portanto, de comunidades que não são assistidas pelos meios convencionais de energia elétrica.

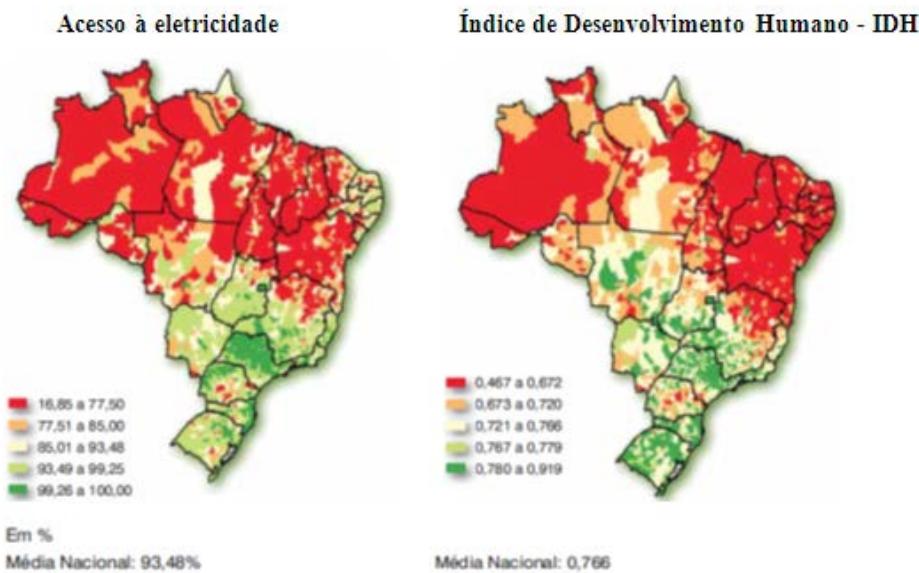
O TCU (Tribunal de Contas da União) apresenta duas denominações quanto à distribuição de energia elétrica no Brasil, o primeiro diz respeito ao Sistema Interligado Nacional (SIN) e o segundo refere-se ao Sistema Isolado. O SIN abrange as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da região Norte. Já os SI são compostos principalmente por centrais elétricas situadas na região Norte. Em termos territoriais, os SI abrangem uma área correspondente a quase 50% do território nacional, porém nessas regiões consome-se cerca de 3% da energia elétrica utilizada no País. O mapa abaixo mostra com mais detalhes a localização dessas regiões.



**Figura 1 - SIN e SI**

Fonte: TC 026.098/2006-0 e Acórdão 2164/2008-Plenário.

As consequências da falta de fornecimento de energia elétrica são a falta de atividades econômicas e atividades fundamentais para o bem estar da população, como escolas e postos de saúde. O resultado disso é visto nos mapas abaixo, regiões sem acesso à eletricidade têm um IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) baixo, uma vez que a falta de energia elétrica dificulta a melhoria das condições básicas para sobrevivência. Em contrapartida o mapa confirma a idéia que o acesso à energia contribui, fundamentalmente, para o desenvolvimento local.



**Figura 2 – Acesso à eletricidade e IDH**  
Fonte: Atlas Desenvolvimento Humano, 2000

Percebe-se o quanto importante é o fornecimento de eletricidade para o provimento do bem estar social, logo, a seguir, será apresentada a produção de energia elétrica utilizadas nas comunidades isoladas e quais as dificuldades encontradas.

## PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A região Norte é a que tem o maior número de comunidades isoladas. Dentro dessa região, a Amazônica é a que apresenta a maior quantidade de comunidades dispersas, situadas em lugares remotos, e, portanto, encontra-se uma grande dificuldade para a distribuição elétrica de maneira convencional. Por conta disso, em muitos desses lugares optou-se por utilizar como alternativa o sistema térmico a diesel, mesmo este apresentando custos elevados associados à operação e manutenção e à logística de distribuição do combustível. Tendo em vista, o alto custo tanto para a distribuição de energia elétrica através do modelo convencional quanto pelos sistemas térmicos a diesel, muitos estudos, inclusive do governo federal, estão sendo realizados com a finalidade de utilizar fontes alternativas de energia, com insumos produzidos nas próprias regiões.

O Programa Luz para Todos, do governo federal, representa essa busca do governo em expandir a rede elétrica nas comunidades remotas, proporcionando inclusão social, desenvolvimento das atividades econômicas das regiões e, consequentemente, melhores condições de vida. O Programa Luz para Todos já realizou, desde a sua criação, em novembro de 2003, até julho de 2011, dois milhões, oitocentos e quatro mil, seiscentos e sessenta e nove ligações domiciliares em todo o país, de acordo com o MME (2012a). Essas ligações foram realizadas essencialmente por extensão de rede convencional.

O programa também buscou para as comunidades de difícil acesso, onde não era possível o alcance do modelo convencional de distribuição, o desenvolvimento de fontes renováveis de energia elétrica, tais como, solar, eólica, biomassa e hidrelétrica. Vale ressaltar a importância de utilizar o potencial energético intrínseco da região, levando com isso a redução de custos na produção de energia elétrica.

A região Amazônica foi a que recebeu mais incentivos para a produção de energia através de fontes renováveis, os métodos utilizados foram: biodiesel e óleo vegetal in natura; combustão e gaseificação da biomassa sólida; sistemas híbridos; e, pequenos aproveitamentos hidroelétricos. O MME (BRASIL, 2008 a, b, c, d) traz publicações abordando o desempenho do Programa Luz para Todos e uma abordagem das fontes de energia renováveis, suas técnicas de produção e as comunidades beneficiadas pelo programa. A seguir faz-se um resumo dos projetos já implementados.

- Biodiesel e óleo vegetal *in natura*

Os projetos desenvolvidos com a produção de biodiesel e a utilização de óleo vegetal *in natura* foram intitulados de “Geração de Energia a Partir de Oleaginosas da Amazônia” e “Produção Sustentável de Biodiesel a partir de Oleaginosas da Amazônia em Comunidades Isoladas da Reserva Extrativista do Médio Juruá”. Estes projetos foram apoiados pelo CT-Energ incluindo algumas também financiadas pelo Fumin/Bid.

O primeiro projeto supracitado foi implantado pelo Instituto Militar de Engenharia (IME) e consiste em uma usina para obtenção de biodiesel na estação experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) no rio Urubu, município de Rio Preto da Eva, no estado do Amazonas. O projeto conta com a plantação de dendê da estação, o equivalente a 400 hectares plantados e uma usina de extração de óleo da Embrapa. A usina possui capacidade para produzir dois mil litros por dia, o que corresponde a até quatro vezes mais da quantidade necessária para o funcionamento da Embrapa, o que torna esta instituição autossuficiente em termos de combustível.

O segundo projeto “Produção Sustentável de Biodiesel a partir de Oleaginosas da Amazônia em Comunidades Isoladas da Reserva Extrativista do Médio Juruá”, tem por objetivo limpar a matriz energética da usina de produção de óleo vegetal na comunidade do Roque, no município de Carauari, no estado do Amazonas, substituindo o óleo diesel pelo biodiesel.

O projeto é formado por uma usina de extração e de filtragem de óleo vegetal, e de vários equipamentos de secagem de sementes de oleaginosas, entre caldeiras e estufas. As principais sementes processadas são: andiroba, murumuru, urucuri e ucuuba, sendo que as duas primeiras têm elevado valor de mercado e constituem o insumo mais importante da cooperativa local. Dada essa característica da andiroba e do murumuru, o urucuri, presente em abundância e sem valor de mercado na região, passa a ser o principal fornecedor de óleo para a fabricação do biodiesel. A previsão do projeto é que possam ser ofertados 80 litros por dia de biodiesel, correspondente a 24 toneladas por ano, o que poderá assegurar a oferta de energia por 24 horas.

- Combustão e Gasificação da Biomassa Sólida

Os processos de conversão da energia contida na biomassa abordados no programa do governo federal são: combustão e gaseificação. Ambos os processos consistem da reação dos componentes da biomassa com ar. A combustão ocorre com excesso de oxigênio enquanto que a gasificação ocorre com falta de oxigênio.

O aprimoramento das técnicas de combustão e gasificação da biomassa sólida foi desenvolvido, através da implantação do Projeto Marajó, que foi financiado pelo fundo setorial CT-Energ/ CNPQ, BID/PNUD e MME. Esse projeto fica localizado na Comunidade de Santo Antonio, na região dos furos de Breves, na Ilha de Siriri, estado do Pará.

Trata-se de um projeto integrado e sustentável com cadeia produtiva local que inclui uma usina de geração de energia elétrica a partir de resíduos de biomassa gerados na própria comunidade, uma fábrica de gelo, uma câmara frigorífica e uma fábrica de extração de óleo vegetal.

O projeto se constitui de uma usina de geração de energia elétrica com potência de 200 kW, utilizando como combustível resíduo de biomassa, além de uma fábrica de extração de óleo vegetal e uma fábrica de gelo com câmara frigorífica. A usina de geração de energia elétrica é formada por uma caldeira flamo tubular que utiliza como combustível o resíduo de biomassa para gerar vapor. O vapor aciona uma turbina que move o gerador elétrico, em ciclo termodinâmico fechado.

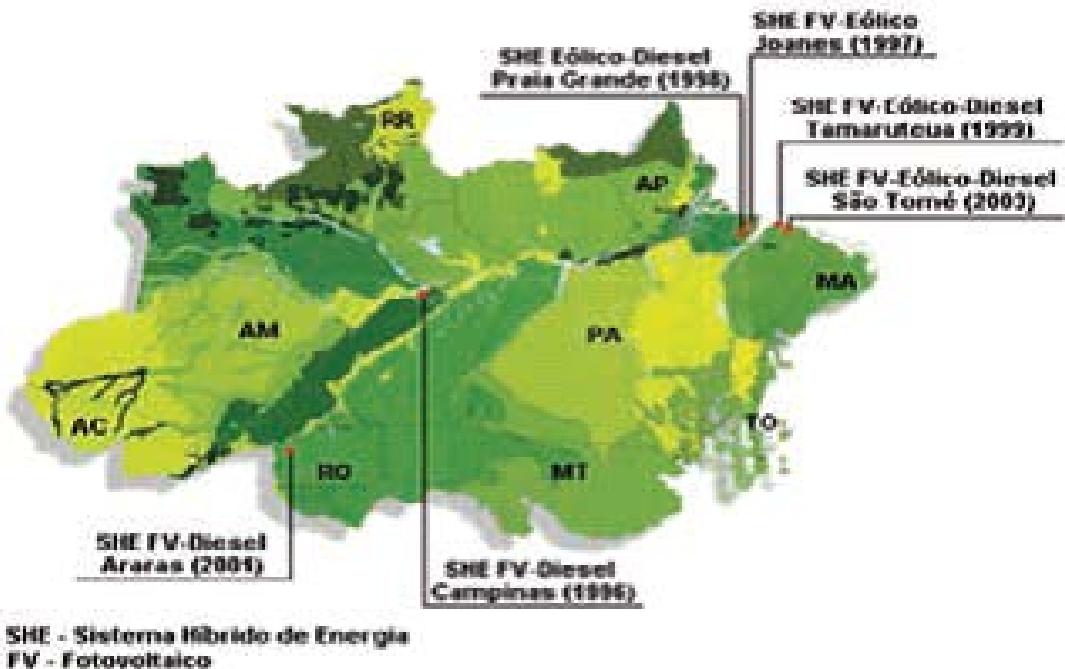
A fábrica de extração de óleo vegetal, instalada na comunidade, tem potencial para esmagar 100 kg/h de polpa de sementes de oleaginosas, além de disso, é composta por uma estufa de secagem, cozinhalor a vapor, prensa, decantador, filtro prensa e tanque de armazenamento.

- Sistemas Híbridos de Energia

O Sistema Híbrido de Energia (SHE) corresponde a métodos de conversão de energia que utilizam os recursos renováveis, como solar, eólico, hídrico e biomassa para a eletrificação de comunidades isoladas. Portanto, um

SHE é definido como aquele que utiliza mais de uma fonte de energia, dependendo da disponibilidade dos recursos, a fim de gerar e distribuir energia com custos mínimos, tendo em vista a capacidade de uma fonte suprir a falta temporária de outra, permitindo assim que os mesmos operem com o mínimo de interrupções (BARBOSA e VALE, 2005). Os principais tipos de sistemas híbridos utilizados no mundo são: eólico-diesel; fotovoltaico-diesel; fotovoltaico-eólico-diesel; e, fotovoltaico-eólico.

No Brasil, o primeiro SHE foi instalado em Fernando de Noronha, no estado de Pernambuco, e corresponde a um sistema eólico-diesel. Tal sistema foi implantado em 1986 e era inicialmente composto por uma potência eólica de 75 kW e diesel-elétrica de 50 kW. Em 2008 sua capacidade total já chegava a 2,1 MW, segundo o MME. Contudo, os demais SHEs instalados no Brasil, se concentram na Região Amazônica abastecendo comunidades isoladas, como pode ser visto no mapa abaixo.



**Figura 3: Distribuição dos sistemas híbridos na região amazônica**

Fonte: MME (2008)

A Figura 3 mostra que as localidades remotas da Região Norte já vêm contando com os benefícios dos sistemas híbridos desde 1996, em vila Campinas no município Manacapuru, estado do Amazonas, utilizou-se o sistema fotovoltaico-diesel. O projeto contou com a doação dos principais componentes por parte do Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE), acompanhamento e suporte técnico do NREL (National Renewable Energy Laboratory) e do CEPEL (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica). No ano seguinte, na vila Joanes, município de Salvaterra, estado do Pará, entrou em funcionamento o sistema fotovoltaico-eólico. Este foi desenvolvido para ser interligado a rede da usina termelétrica a diesel do município Salvaterra, o qual atende a Joanes, o objetivo era complementar a sua geração nos períodos de déficit e nos horários de pico. O sistema é composto por um arranjo fotovoltaico de 10,2 kWp com módulos de 55 Wp; quatro aerogeradores de 10 kW cada; um banco de baterias; e um inversor rotativo de 52,5 kW.

Em 2008, entrou em operação um sistema fotovoltaico-eólico-diesel, na vila Sucuriju, município de Amapá, estado do Amapá, com o financiamento do MME e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), através do fundo CT-ENERG. O sistema tem capacidade de geração de aproximadamente 105,5 kW, a potência está distribuída em 20 kWp (fotovoltaica), 37,5 kW (eólica) e 48 kW (diesel-elétrica).

## **GERAÇÃO CONVENCIONAL X GERAÇÃO COM ENERGIA RENOVÁVEL**

Esta subseção mostrará os custos de produção das fontes de energia no país, a fim de verificar se a escala de produção de tecnologias para geração por fontes renováveis em comunidades isoladas é economicamente viável, quando comparadas à eletrificação convencional. Uma vez que se sabe, de acordo com a literatura especializada, que o custo de instalação das primeiras é elevado. Parte-se do custo de geração de energia a nível nacional para o custo de comunidades isoladas na região Norte.

Na Tabela 1 tem-se uma comparação dos custos das fontes de energia. Observa-se que dentre as fontes renováveis a hídrica é a detentora do menor custo, devido, principalmente às características do país, como a existência de rios caudalosos. Já a biomassa tem o segundo menor custo. A fotovoltaica figura com o custo mais elevado, dentre às renováveis. No caso de instalações em propriedades rurais isoladas os custos de produção de eletricidade, utilizando um sistema fotovoltaico, geralmente são comparados com os custos relacionados à expansão da rede elétrica convencional (CUNHA, 2006) A avaliação do custo de eletricidade para o sistema fotovoltaico leva em consideração os investimentos necessários na aquisição, instalação e os gastos na manutenção do sistema.

**Tabela 1 - Comparação de custo entre diferentes fontes de geração de energia**

Fonte de Geração	Custo, em R\$/MWh
Hídrica	R\$ 116,40
Biomassa	R\$ 121,1
Carvão	R\$ 133,3
Nuclear	R\$ 151,6
Gás Natural	R\$ 175,0
Eólica	R\$ 232,0
Óleo Combustível	R\$ 382,9
Diesel	R\$ 602,2
Fotovoltaica	R\$ 1.500,0 a 3.000,0

Fonte: TC 026.098/2006-0 e Acórdão 2164/2008-Plenário.

A Tabela 2 mostra uma perspectiva do custo para levar energia a uma comunidade distante por meio da eletrificação convencional. De acordo com Núcleo de Apoio a Projetos de Energias Renováveis - NAPER (2006) no meio rural as linhas de distribuição podem ser trifásicas ou monofásicas dependendo da carga a ser alimentada e das perspectivas de expansão do sistema. No entanto, segundo Cunha (2006, p.41).

como as necessidades energéticas do consumidor rural de baixa renda são pequenas e, por haver pouca ou nenhuma perspectiva de aumento da demanda de energia elétrica devido aos fatores socioeconômicos, o modelo mais utilizado para as linhas de distribuição é a linha Monofásica com Retorno por Terra (MRT-Alumínio).

Verifica-se, por meio da Tabela 2, que no sistema de eletrificação convencional os custos crescem à medida que a distância da linha de distribuição aumenta e diminui com o aumento do número de residências beneficiadas.

**Tabela 2 – Custo domiciliar da eletrificação convencional rural (em dólar)**

Número de domicílios	Distância (Km)						
	0,5	1	2	5	8	9	10
1	2.964,89	4.644,69	7.971,42	17.951,59	27.931,76	31.258,48	34.585,21
5	1.619,71	2.459,62	4.644,69	9.634,78	14.624,87	16.288,23	17.951,59
10	647,92	815,91	1.148,58	2.459,62	3.770,66	4.207,68	4.644,69
15	593,02	705,01	926,80	1.731,26	2.605,29	2.896,63	3.187,98
20	565,58	649,57	815,91	1.367,08	2.022,60	2.241,11	2.459,62
30	538,12	594,12	705,01	1.037,69	1.439,91	1.585,59	1.731,26
50	516,16	549,76	616,30	815,91	1.617,19	1.082,04	1.148,58

Fonte: NAPER, 2006.

CUNHA (2006, p.42) mostra que no caso da utilização de uma fonte renovável baseada num sistema fotovoltaico “os custos permanecerão constantes, pois o sistema é dimensionado para uso específico, não possuindo variáveis”. No entanto, o mesmo autor ressalta que a viabilidade econômica deve ser analisada caso a caso, observando os critérios técnicos a serem adotados. “Para uma edificação rural isolada, ou seja, distante da rede elétrica convencional, torna-se clara que a opção pelo sistema fotovoltaico torna-se bem mais vantajosa economicamente” (CUNHA, 2006, p. 43). A Tabela 3 mostra os custos relativos ao investimento inicial num sistema fotovoltaico.

**Tabela 3 – Custos relativos ao investimento inicial – sistema fotovoltaico residencial  
(equipamento e mão de obra)**

Componentes	Valor unitário (US\$)*	Nº de unidades	Custo (US\$)
Módulo solar (50Wp)	400,00	1	400,00
Controlador de carga	67,24	1	67,24
Bateria 100 Ah/12 V	128,45	1	128,45
Divisor de tensão	21,55	1	21,55
Luminária completa (4x fluorescentes 20W/12 V)	17,24	4	68,96
Parte elétrica (condutores, interruptores,...)	43,10	1	43,10
Poste, suporte e acessórios	75,86	1	75,86
Instalação (mão-de-obra)	77,59	1	77,59
<b>Custo total</b>			<b>882,75</b>

\*Valores em dólar

Fonte: NAPER, 2006.

No entanto, conforme fora observado na Tabela 1, a geração fotovoltaica foi a que apresentou os maiores custos, mostrando-se onerosa para o morador rural. Porém, segundo Alvarenga (2000) com o aumento da escala, da concorrência e do aperfeiçoamento dos processos de fabricação esses custos vêm diminuindo.

Na literatura especializada são encontrados vários estudos econômicos acerca dos custos da eletrificação em comunidades isoladas, principalmente para a região Norte. Blasques, Tupiassú e Pinho (2005) realizaram um estudo para verificar qual fonte energética (interligação à rede, geração diesel-elétrica, solar fotovoltaica, eólica, biomassa e com sistema híbrido) seria mais viável em relação ao consumo e à disponibilidade de recursos energéticos, considerando uma pequena comunidade amazônica. Após as análises, os autores concluíram que:

A solução híbrida solar-eólica-diesel reúne as vantagens de cada subsistema, reduz seus pontos fracos, e pode competir com o diesel e a interligação à rede, sobretudo se esta distar mais de 10 km da comunidade. O sistema a biomassa é uma boa opção ao diesel e à interligação, desde que seu custo inicial por capacidade instalada seja inferior a US\$ 3.000/kW. Se questões ambientais, como o custo da emissão de gases, e socioeconômicas, como atividades econômicas integradas à logística da biomassa, fossem levadas em conta, os sistemas híbrido e a biomassa seriam ainda mais favoráveis. De toda forma, os resultados sinalizam que já existem alternativas competitivas ao diesel e à interligação para a eletrificação de pequenas comunidades isoladas. Um fator que continua pesando em favor do diesel e contra as alternativas é o custo inicial destas, ainda muito elevado. O desenvolvimento de equipamentos com tecnologia nacional poderia reduzir esses elevados custos iniciais, abrindo ainda mais caminho para a eletrificação a partir de fontes renováveis de energia (BLASQUES, TUPIASSÚ e PINHO, 2005, p. 8).

A partir do cenário apresentado nota-se que em comunidades isoladas a geração de energia a partir de fontes renováveis mostra-se economicamente viável. Uma vez que para levar energia por meio da rede elétrica convencional existem barreiras econômicas e ambientais, conforme fora evidenciado na seção anterior.

Como fora mencionado, a maior limitação na utilização da energia fotovoltaica consiste no custo do sistema. Sendo assim, os módulos fotovoltaicos, por serem ainda muito caros, são recomendados apenas para baixos níveis de consumo. Por isso, a grande aplicação da energia solar fotovoltaica está, ainda, restrita ao atendimento de locais remotos ou áreas de difícil acesso, distantes da rede elétrica, como é o caso das comunidades isoladas. Nestes casos, o alto custo associado à extensão da rede convencional justifica o investimento inicial nesta fonte de energia.

## **A UTILIZAÇÃO DE FONTES RENOVÁVEIS EM COMUNIDADES ISOLADAS DAS REGIÕES NORTE E NORDESTE: ESTUDOS DE CASO**

### **O CASO DO PROJETO ENERMAD**

O projeto ENERMAD consistiu na implantação de um Sistema de Manejo Florestal Sustentável e de uma Central Termelétrica de 200 kW a partir de Resíduos de Madeira, de uma Indústria Madeireira Localizada na Região Norte do País. Foi implantado no período de 2004 a 2007, tendo como órgãos financiadores o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o MME.

Tal projeto teve como foco a geração de energia elétrica em uma comunidade isolada, localizada na Ilha do Marajó, no município de Breves, no estado do Pará, com o objetivo de atender a demanda das atividades produtivas e das residências. Além disso, o projeto buscou trazer mudanças nas condições de vida da população local, através de agregação de valor no produto da comunidade.

A comunidade possui 80 casas ocupadas por 400 pessoas, aproximadamente, suas principais atividades econômicas são: o desdobra de madeira, a fabricação de cabos e bases de madeira para vassouras e um comércio varejista de gêneros alimentícios. Essas atividades acrescidas das residências demandam 200 kW que eram atendidos por vários grupos geradores a diesel que atendiam à madeireira e à fábrica de vassouras e alguns pequenos grupos geradores que atendiam às residências à noite. Para isso eram consumidos 22.000 litros de óleo diesel por mês.

Na fábrica de vassouras são geradas 2 t/h de resíduos de madeira, entre serragem e aparas, os quais eram descartados a cada dia e podiam gerar energia para sua própria produção. Através do desenvolvimento de uma Central Termoelétrica para gerar eletricidade a partir do aproveitamento de resíduos de madeira, com a tecnologia de um ciclo condensador de vapor, foi possível suprir a demanda da serraria, da fábrica de vassouras e das residências.

Portanto, a entrada de uma fonte de energia local, como é o caso desse projeto (resíduos das atividades florestais), trouxe benefícios tanto sociais quanto ambientais, pois além de promover a redução das emissões

de CO<sub>2</sub> na atmosfera, gera emprego e renda para as comunidades, aumentando a permanência da população em seu local de origem.

## O CASO DOS PROJETOS GASEIFAMAZ E GASEIBRAS

A maior parte das comunidades brasileiras sem acesso a energia estão localizadas nas regiões Norte e Nordeste do país. As soluções adotadas, para mudar esse quadro, conforme a literatura e os pesquisadores especializados, não estão a contento ou ainda, muitas vezes, são insatisfatórias.

O modelo de fornecimento de energia elétrica adotado para as demais regiões do país não atende características peculiares dessas regiões. Tanto a produção quanto a distribuição, através de redes de transmissão tornam-se praticamente inviáveis numa região extensa, onde as comunidades encontram-se espalhadas (COELHO *et al*, 2004).

Os sistemas de geração de energia elétrica encontrados nas comunidades isoladas, na maioria dos casos são formados por um gerador movido a diesel. Ocorre o custo de transporte deste combustível nessas comunidades, chega a atingir até duas vezes o seu valor. Logo, “o emprego de unidades de geração de energia elétrica de pequeno porte utilizando combustíveis regionais, como por exemplo, a biomassa, pode vir a ser uma alternativa economicamente viável para estas localidades” (COELHO *et al*, 2004, p.3).

Com o objetivo de suprir, de modo sustentável, a demanda de energia elétrica em comunidades isoladas no norte do país o Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO) propôs a geração de eletricidade a partir da gaseificação da biomassa. O projeto GASEIFAMAZ “*Comparação entre Tecnologias de Gaseificação de Biomassa Existentes no Brasil e no Exterior e Formação de Recursos Humano na Região Norte*” importou um sistema de gaseificação de 20 kW, do Indian Institute of Science (IISc) e instalou-o para testes no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). O projeto previu, também, a capacitação de pessoal na operação e manutenção desta tecnologia fabricada pelo IISc, utilizando os conhecimentos adquiridos para o aperfeiçoamento dos equipamentos nacionais em função dos testes realizados no IPT (COELHO *et al*, 2004).

O projeto GASEIFAMAZ, realizado no período de 2002 a 2005, foi uma parceria entre o Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), Biomass Users Network do Brasil (BUN), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Universidade Federal do Amazonas (UFMA) e Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

O sistema de gaseificação, testado no IPT, compunha-se por um gaseificador de 20kW, extrator de cinzas, sistema de tratamento e resfriamento de água, gerador (motor de combustão interna e alternador), secador de biomassa e painel de controle. O projeto avaliou as condições de operação do sistema e simplificando sua operação, adaptando-o às condições brasileiras e tornando-o de fácil operação e manutenção, apto a ser instalado em comunidades isoladas para geração de energia elétrica.

Conforme COELHO *et al* (2004), após a conclusão dos testes no IPT, o CENBIO transferiu o sistema de gaseificação para uma comunidade no estado do Amazonas, para a geração de energia elétrica. O sistema de gaseificação foi instalado, para geração de energia elétrica, no assentamento Aquidabam, no município de Manacapu, no estado do Amazonas. Nesta comunidade vivem 700 pessoas, cerca de 180 famílias.

O assentamento Aquidabam foi escolhido, pois possuía as condições básicas necessárias à implementação de um sistema de gaseificação: disponibilidade de biomassa, experiência em motores diesel e, principalmente, grande envolvimento dos moradores no projeto.

A comunidade tem uma área plantada de 100 hectares de cupuaçu. O cupuaçu, na época de implantação do projeto, era vendido *in natura* (baixo valor agregado), pois não existe energia para fornecer o acondicionamento térmico necessário à polpa. Os resíduos (cascas) do beneficiamento artesanal do cupuaçu foram utilizados para alimentar o sistema de gaseificação.

O projeto GASEIFAMAZ implicou em significativas melhorias ambientais, como a redução do consumo de combustíveis fósseis em até 80%, principais responsáveis pelo agravamento do efeito estufa, pois proporciona a produção de energia renovável e limpa, que utiliza a biomassa disponível nas comunidades isoladas para geração de energia elétrica (COELHO *et al*, 2006).

A partir da experiência do projeto GASEIFAMAZ, o CENBIO desenvolveu, no período de 2005 a 2007, o projeto GASEIBRAS “Nacionalização da Tecnologia de Gaseificação de Biomassa e Formação de Recursos Humanos na Região Norte”, aprovado pelo CNPq e pelo MME.

O objetivo do projeto GASEIBRAS foi desenvolver e construir um sistema de gaseificação de 20 kW, com tecnologia nacional, de fácil operação e manutenção, alimentado com resíduos de biomassa *in natura* localmente disponíveis e identificar empresas interessadas na construção desse sistema no país (COELHO *et al*, 2006).

O CENBIO desenvolveu o projeto GASEIBRAS com o apoio das seguintes instituições: Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE), Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), Universidade de Campinas (UNICAMP) e Biomass Users Network do Brasil (BUN).

O sistema foi instalado na comunidade Timbó, no município de Manacapuru, no estado do Amazonas, onde vivem cerca de 380 pessoas e cerca de 90 residências. De acordo com COELHO *et al* (2006, p.4):

As características da comunidade Timbó são semelhantes às inúmeras localidades isoladas da região Norte do Brasil: falta de acesso à rede elétrica convencional, elevados custos de fornecimento de energia, baixo poder aquisitivo da população, num contexto em que se apresentam questões ambientais e sociais de profunda relevância: as necessidades de preservação ambiental e de ampliação do fornecimento de eletricidade às populações amazônicas, de maneira a garantir a sua permanência na região e a melhoria de suas condições de vida, em geral, bastante precárias.

No sistema de gaseificação desenvolvido pelo projeto GASEIBRAS na comunidade Timbó utilizou-se resíduos agrícolas como combustível sólido no processo de gaseificação, para garantir a substituição de 80% do diesel consumido no grupo-gerador por biomassa.

Os projetos GASEIFAMAZ e GASEIBRAS foram de grande relevância na contribuição às instituições de pesquisa que trabalham no setor de geração de energia e a replicação em outras comunidades isoladas do país sem acesso a energia elétrica.

## CASOS DO PROGRAMA LUZ PARA TODOS

Além dos projetos já citados na seção anterior o Programa Luz para Todos já beneficiou outras comunidades remotas da Região Norte, utilizando fontes de energia renováveis. Esses casos serão brevemente apresentados a seguir.

A Microcentral Hidrelétrica em Cachoeira de Aruã-PA busca atender à carga residencial, produtiva e coletiva da comunidade Cachoeira de Aruã, situada no município de Santarém-PA. O sistema instalado é constituído por uma microurina hidrelétrica de 50 kW e por uma minirrede de distribuição de aproximadamente 2 km, que atende a 50 residências.

Já na comunidade Ilha de Lençóis, município de Cururupu-MA optou-se por utilizar um sistema híbrido com três diferentes fontes de energia (solar, eólica e diesel), com capacidade de 40kW, atendendo a todas as 89 casas da comunidade, apresentando um consumo hoje de 9 kW, gastos pelas residências e iluminação pública.

Na comunidade da Ilha de Tamaruteua, no Pará, também se optou por um sistema híbrido com três fontes de

energias diferentes (diesel, eólica e solar), a potência total do sistema é de 51 kW.

O projeto instalado na comunidade São Francisco de Aiucá, no município amazonense de Uarini, utiliza a tecnologia solar, com sistemas fotovoltaicos individuais, para a geração de energia e a disponibilidade mensal dos sistemas é de 13 kWh.

Por fim, o projeto de revitalização e repotencialização das microusisas busca atender às comunidades indígenas e às comunidades isoladas localizadas no entorno dos Pelotões Especiais de Fronteira da Amazônia.

## CONCLUSÕES

O acesso à energia elétrica é condição *sine qua non* para o desenvolvimento econômico e social de uma região. O abastecimento da eletricidade permite aos cidadãos a assistência de necessidades básicas, como educação, saúde e inclusão social, além de contribuir para a realização de atividades econômicas, aumentando o emprego e a renda dos moradores.

No Brasil ainda é grande a exclusão elétrica, principalmente na região Norte, localizada no SI, onde a distribuição de energia elétrica por meio convencional encontra dificuldades de ser realizada. Dessa forma, fontes renováveis são utilizadas como alternativa para promover o fornecimento de energia elétrica garantindo a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente.

Já existem muitos projetos que utilizam fontes renováveis de energia nas localidades remotas da região Norte, em especial na região Amazônica. Dentre os métodos mais utilizados observou-se que os mais adotados são: o fotovoltaico e os sistemas híbridos, devido às características peculiares da região.

Nesse sentido, para incentivar as empresas a produzirem energia elétrica nas comunidades isoladas, o governo federal, por meio do Programa Luz para Todos, implementou diversos projetos-pilotos, evidenciando a viabilidade econômica da utilização de fontes renováveis (eólica, solar, biomassa, PCHs) para geração de eletricidade.

Por fim, verificou-se que é viável diminuir a exclusão elétrica nas comunidades isoladas a partir de fontes renováveis, contudo a geração de energia não convencional implica em custos mais elevados do que a convencional, principalmente no momento da implantação. No entanto, verificou-se que, no caso de comunidades isoladas, a primeira é mais viável devido às barreiras econômicas e ambientais existentes.

Diante disso, faz-se notar que o investimento em fontes renováveis para levar energia elétrica às comunidades isoladas é de fundamental importância para a realização de atividades econômicas, o fortalecimento das instituições e melhorias na qualidade de vida das famílias. Propiciando, assim, o desenvolvimento local e criando condições de permanência na região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARBOSA, C. F.O.; PINHO, J. T.; VALE, S.B. Sistemas híbridos de energia solar/eólica/diesel para eletrificação de comunidades isoladas da Região Amazônica brasileira – estado presente e desenvolvimentos futuros. 2005. Disponível em: [http://www.ufpa.br/gedae/CLAGTEE2005\\_01.pdf](http://www.ufpa.br/gedae/CLAGTEE2005_01.pdf). Acesso em: 15 abr. 2013.
2. BLASQUES, L.C.M; TUPIASSÚ, A.F; PINHO, J.T. Análise econômica de tecnologias para eletrificação de uma pequena comunidade isolada da Amazônia. XVIII SNPTEE Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Curitiba-Paraná. 16 a 21 de outubro de 2005. Disponível em: <[www.ufpa.br/gedae/SNPTEE2005\\_01.pdf](http://www.ufpa.br/gedae/SNPTEE2005_01.pdf)> Acesso em: 03 abr. 2013.
3. BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Luz para Todos. Um marco histórico: 10 milhões de brasileiros saíram da escuridão. 2010. Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>. Acesso em: 03 abr. 2013
4. \_\_\_\_\_. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2012: Ano base 2011. Rio de Janeiro: EPE, 2012b.
5. \_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Anexo Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – Luz para Todos. Manual de Operacionalização - Para o período de 2011 a 2014. 2012a. Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>. Acesso em: 10 jan. 2013

6. \_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Biodiesel e óleo vegetal in natura. Soluções Energéticas para Amazônia. Programa Luz para Todos. 2008a. Disponível em: <[http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes\\_Energeticas\\_para\\_a\\_Amazonia\\_Biodiesel.pdf](http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Biodiesel.pdf)> Acesso em: 10 abr. 2013.
7. \_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Combustão e Gasificação de Biomassa Sólida. Soluções Energéticas para a Amazônia. Programa Luz para Todos. 2008b. Disponível em: <[http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes\\_Energeticas\\_para\\_a\\_Amazonia\\_Biomassa.pdf](http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Biomassa.pdf)> Acesso em: 10 abr. 2013.
8. \_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Luz para Todos. Um marco histórico: 10 milhões de brasileiros saíram da escuridão. 20-? Disponível em: <[www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br)>. Acesso em: 03 abr. 2013
9. \_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Sistemas Híbridos. Soluções Energéticas para a Amazônia. Programa Luz para Todos. 2008c. Disponível em: <[http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes\\_Energeticas\\_para\\_a\\_Amazonia\\_Hibrido.pdf](http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Hibrido.pdf)> Acesso em: 10 abr. 2013.
10. \_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Tecnologias de Energias Renováveis. Soluções Energéticas para a Amazônia. Programa Luz para Todos. 2008d. Disponível em: <[http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes\\_Energeticas\\_para\\_a\\_Amazonia\\_Sintese.pdf](http://luzparatodos.mme.gov.br/luzparatodos/downloads/Solucoes_Energeticas_para_a_Amazonia_Sintese.pdf)> Acesso em: 06 abr. 2013
11. \_\_\_\_\_. Tribunal de Contas da União. Acórdão 2164/2008-Plenário. Disponível em: <<http://contas.tcu.gov.br/portaltextual/PesquisaFormulario>>. Acesso em: 06 abr. 2013.
12. CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA. Projeto GASEIFAMAZ. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/>>. Acesso em: 31 mar. 2013.
13. COELHO, S. T et al. Geração de eletricidade em comunidades isoladas da região amazônica utilizando sistemas nacionais de gaseificação de biomassa in natura. XI Congresso Brasileiro de Energia. 16 a 19 de agosto de 2006. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/projetos/gaseibras/gaseibras.htm>> Acesso em: 03 abr. 2013.
14. COELHO, S. T. et al. Geração de energia elétrica para comunidades isoladas da região amazônica a partir de sistemas de gaseificação de biomassa. I Congresso Internacional de Bioenergia. Campo Grande-MS. 18 a 21 de Outubro de 2004. Disponível em: <<http://cenbio.iee.usp.br/projetos/gaseifamaz/gaseifamaz.htm>> Acesso em: 03 abr. 2013.
15. CUNHA, J. L. de P. A. da. Eletrificação de edificações rurais isoladas utilizando energia solar fotovoltaica. Minas Gerais, 2006. Monografia (Especialização). Pós Graduação Lato Sensu em Fontes Alternativas de Energia. Universidade Federal de Lavras. Disponível em <[www.solenerg.com.br/files/monografia\\_joseluiz.pdf](http://www.solenerg.com.br/files/monografia_joseluiz.pdf)> Acesso em: 06 abr. 2013.
16. NAPER. Núcleo de Apoio a Projetos de Energias Renováveis. 2006. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <<http://www.ufpe.br/naper>> Acesso em 15 abr. 2013.
17. ROSÁRIO, L. T. R.; ELS, R. V.; BRASIL JR. A.C.P. Alternativas energéticas para comunidades isoladas da Amazônia: A energia hidrocinética no Maracá Sul do Amapá. 20-? Disponível em: <[http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi\\_en/artigos/mesa4/Alternativas\\_energeticas%20para%20comunidades.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/vi_en/artigos/mesa4/Alternativas_energeticas%20para%20comunidades.pdf)> Acesso em: 18 de abr. 2013.
18. SANTOS, S. M. A. dos. Geração de eletricidade em comunidades isoladas na região amazônica com a utilização de gaseificadores de biomassa. São Paulo, 2006, Tese (Doutorado). Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (IEE/EP/IF/FEA), Universidade de São Paulo. Disponível em: <[www.usp.br](http://www.usp.br)> Acesso em: 18 mar. 2013.
19. VELÁZQUEZ, S. M. S. G. et al. A Geração de Energia Elétrica em Comunidades Isoladas na Amazônia a partir de Biomassa Sustentável: Projeto ENERMAD. Disponível em: <[http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/xiiicbe\\_enermad.pdf](http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/xiiicbe_enermad.pdf)> Acesso em: 31 mar. 2013.
20. YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e método. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.