

ELETRIFICAÇÃO RURAL DE CONSUMIDORES ISOLADOS – UM MODELO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL BASEADO EM BIOMASSA DE RESÍDUOS

Giorgiana Freitas Pinheiro – giorgiana.pinheiro@redenergia.com

Centrais Elétricas do Pará, Geen

Gonçalo Rendeiro – rendeiro@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Grupo Energia Biomassa e Meio Ambiente

João Tavares Pinho – jtpinho@ufpa.br

Universidade Federal do Pará, GEDAE

Pedro Coelho de Rezende Neto – pedro.rezende@itec.ufpa.br

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia Elétrica

Resumo. *O presente trabalho apresenta um estudo de caso relativo à eletrificação de uma comunidade ribeirinha, localizada no estado do Pará-Brasil, no âmbito do Programa de Universalização dos Serviços de Energia Elétrica Brasileiro, e é o resultado do Projeto de P&D da Celpa “Implantação de Sistemas de Geração de Energia para Atendimento a Comunidades Isoladas da Região Norte”. A comunidade foi eletrificada através de uma microcentral a biomassa, baseada em queima direta de resíduos produzidos pela atividade econômica local. O objetivo do trabalho é apresentar uma proposta de modelo de gestão sustentável adequada às condições de isolamento da comunidade, considerando os altos custos de operação e manutenção relacionados ao atendimento de consumidores isolados, em pequenas localidades. A operação da microcentral a biomassa é simulada, os custos de geração determinados, e os aspectos legais analisados, sendo ao final apresentada uma sugestão de modelo de gestão.*

Palavras-chave: *Eletrificação rural, Biomassa, Modelo de gestão, Custo de geração, Sistemas descentralizados.*

1. INTRODUÇÃO

A universalização da energia elétrica no Brasil, em particular a eletrificação rural, está sendo fomentada pelo Governo Federal Brasileiro através do Programa Luz para Todos - PLpT. A coordenação geral é do Ministério de Minas e Energia e os agentes executores são as concessionárias de distribuição de energia elétrica. Grande parte dos recursos de investimento é subsidiada pelo governo federal, visando incentivar a eletrificação rural.

Na Região Norte, especificamente na Região Amazônica, parte da população rural não tem possibilidade de ser atendida através do Sistema Interligado Nacional Brasileiro – SIN, tendo em vista as condições fisiográficas da região, onde há necessidade de se fazerem grandes travessias de rio, e a ausência de infraestrutura viária, sendo que o atendimento deve ser realizado através de sistemas de eletrificação descentralizados. O atendimento a estas comunidades isoladas é um fator crítico no processo de universalização, uma vez que os custos de operação e manutenção – O&M para atendimento aos consumidores isolados é muito elevado, tendo em vista que os mesmos estão localizados em regiões remotas, que possuem condições de acesso e comunicação difícil, e logística de transporte complexa. Neste sentido, o estudo e o desenvolvimento de soluções tecnológicas e modelos de gestão alternativos, que sejam adequados à realidade desses consumidores, é de fundamental importância para que sejam atingidas as metas de universalização.

A utilização de fontes renováveis de energia disponíveis localmente, em sistemas descentralizados, é uma opção que deve ser considerada para atendimento a estes consumidores isolados, tendo em vista a disponibilidade de recursos naturais na região e as vantagens inerentes a essas fontes, como redução de consumo de óleo diesel e possibilidade de agregar processos produtivos na comunidade isolada, em conjunto com ao sistema de eletrificação.

Para o caso de habitações isoladas, o estado atual da tecnologia conduz na direção da eletricidade vir a ser fornecida por sistemas fotovoltaicos ou híbridos (fotovoltaicos e eólicos, por exemplo). Nos vilarejos de maior porte a geração de energia com biomassa, é uma opção a ser considerada, visto que o combustível (biomassa) pode ser obtido de pequenas indústrias de beneficiamento de produtos locais, sendo interessante, em função do aproveitamento dos recursos naturais existentes na região, além de possibilitar o desenvolvimento econômico da população e descarte de resíduos.

O presente trabalho apresenta os resultados do projeto do Programa de P&D das Centrais Elétricas do Pará S/A – CELPA, intitulado “Implantação de Sistemas de Geração de Energia para Atendimento a Comunidades Isoladas da Região Norte”, executado pela Universidade Federal do Pará. Nele foi realizada a eletrificação de uma comunidade isolada, atendida por um sistema descentralizado baseado na queima direta de biomassa de resíduos (ciclo Rankine), com o objetivo de apresentar uma proposta de modelo de gestão sustentável, adequada às condições de isolamento da

comunidade. Para a proposta do modelo de gestão, foi simulada a operação da micro-usina a biomassa, determinados os custos de geração e analisados os aspectos legais.

2. A COMUNIDADE DE SANTO ANTÔNIO

A Comunidade de Santo Antônio está localizada nas coordenadas $0^{\circ} 55'18''$ S e $50^{\circ} 49'25''$ O, a aproximadamente 92 km da sede do Município de Breves – PA, em uma área conhecida como Jaguaribe.

A Fig. 1 mostra uma vista das residências situadas na localidade.



Figura 1. Residências típicas.

O acesso à comunidade pode ser feito através de lancha fretada (aproximadamente três horas de viagem da sede do município) ou barco de linha (aproximadamente oito horas de viagem da sede do município), não havendo estradas de acesso à região. A comunidade possui trinta residências agrupadas, seis residências dispersas, uma escola de ensino fundamental, duas igrejas, um pequeno comércio, uma serraria, uma fábrica de vassouras, e um local de guarda e secagem da madeira. A comunicação é feita através de posto de serviço da operadora local de telefonia fixa, não havendo cobertura de celular.

As Fig. 2 mostra as vistas das instalações da serraria e da fábrica de vassouras, que são de propriedade do líder comunitário. A serraria opera em um turno de oito horas por dia, desdobrando $40 \text{ m}^3/\text{dia}$, sendo 100% dessa madeira provenientes de extrativismo das populações tradicionais da região, que utilizam as instalações da serraria e da fábrica de cabos de vassoura e vendem a produção ao dono da serraria (Pinheiro, 2011).



Figura 2. Vista da serraria e vista das estufas da fábrica de cabos de vassoura.

A micro-usina de geração implantada para eletrificação da comunidade utiliza como combustível os resíduos da serraria e da fábrica de vassouras, através da queima direta desses resíduos (sistema a vapor), utilizando o ciclo térmico de Rankine – ou seja, ciclo térmico fechado, com total reaproveitamento da água de circulação.

As características dos equipamentos da usina e do sistema de geração são: a Caldeira opera com PTMA de 21 kgf/cm^2 , vapor saturado, com produção de 100 kg/h ; a Turbina opera com potência de 50 kW , pressão de entrada de 21 kgf/cm^2 , temperatura do vapor de $216,4^{\circ}\text{C}$; e o Gerador opera com potência de 50 kW , rotação de 1.800 rpm , frequência de 60 Hz e grau de rotação IP21. A unidade geradora implantada na comunidade tem um consumo específico em torno de $6 \text{ kg}_{\text{biomassa}}/\text{kWh}$, o que requer 300 kg por hora de biomassa para atender uma demanda de 50 kW . Considerando um rendimento de 55% e processamento de $40 \text{ m}^3/\text{dia}$ de madeira, estima-se uma produção de resíduos, somente com desdobra da madeira, em torno de $18 \text{ m}^3/\text{dia}$, ou seja, 750 kg/hora , o que garante o suprimento da usina de geração (Pinheiro, 2012).

Anteriormente à instalação da usina a biomassa, operavam na comunidade três grupos geradores a diesel: um de

200 kVA, que operava no período diurno durante as oito horas do turno da serraria e fábrica de vassouras, sendo que o excedente de energia era utilizado para atender as estufas e algumas residências. O outro grupo de 60 kVA era acionado para atender a vila por cerca de quatro horas (geralmente das 18 às 22 horas), e as estufas durante o restante do período. Existia um terceiro grupo gerador, de 6 kVA, que era utilizado eventualmente para suprimento de algumas residências durante a parada para manutenção dos outros grupos geradores. O consumo total de óleo diesel era em torno de 400 litros por dia. Excepcionalmente, os grupos geradores operavam 24 horas.

Foi identificado na comunidade um nível de organização adequado ao modelo de gestão proposto, tendo sido formalizada recentemente uma cooperativa, visando ordenar os interesses dos cooperados quando ao uso da energia, após a implantação do sistema de eletrificação a biomassa, bem como o desenvolvimento de outras atividades produtivas na comunidade. Cabe ressaltar que, anteriormente, a comunidade realizava a operação e manutenção das unidades geradoras a diesel, e o gerenciamento do uso do combustível. Outra característica importante de ser mencionada quanto à organização da comunidade, visto que interfere diretamente no modelo de gestão implantado na mesma, é o fato de que o líder da comunidade é o dono da serraria, laminadora, e fábrica de cabos de vassoura, bem como das unidades geradoras a diesel. Todos os comunitários têm como atividade principal e fonte de renda o desdobro de madeira e fabricação de cabos de vassoura para venda ao líder comunitário, usando as instalações da serraria de sua propriedade.

Cumprir observar que as informações obtidas nas visitas de campo indicaram que há um bom relacionamento entre este líder e a comunidade, fato que pesou positivamente na continuidade do projeto nesta comunidade. Neste sentido foi realizado um trabalho de esclarecimento do líder comunitário, sobre as características de gestão comunitária do sistema de geração implantado, bem como foi ressaltado que o mesmo teria um voto na cooperativa, bem como não poderia polarizar o uso das instalações de eletrificação, e a energia gerada teria como prioridade atender as residências.

O sistema de eletrificação atende prioritariamente o consumo residencial, e o excedente é utilizado para atendimento à fábrica de vassouras e às estufas. Cumprir observar que o sistema de eletrificação não atende toda a demanda atual mais a reprimida das residências e das atividades produtivas, mas permitirá o fornecimento de energia 24 horas para as residências e atende parte significativa da demanda da atividade produtiva, deslocando óleo diesel.

As Fig. 3 a Fig. 5 apresentam as prováveis situações do comportamento horário da carga ao longo de um dia, as quais são apresentadas por meio das curvas de cargas estimadas.

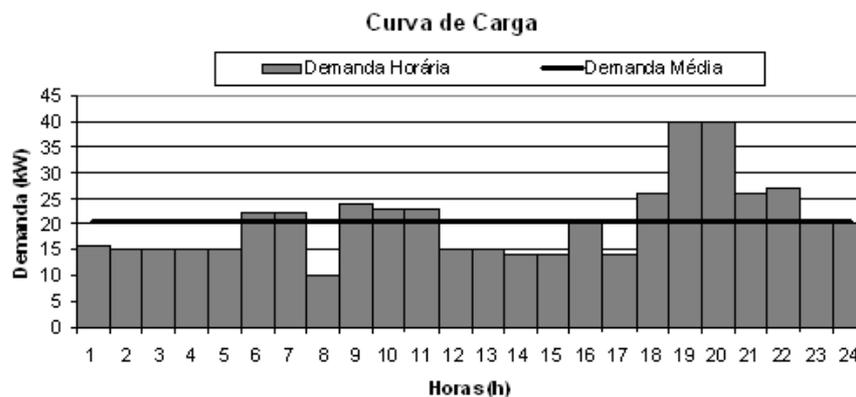


Figura 3. Curva de carga estimada da vila (considerando a demanda reprimida e a troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas).

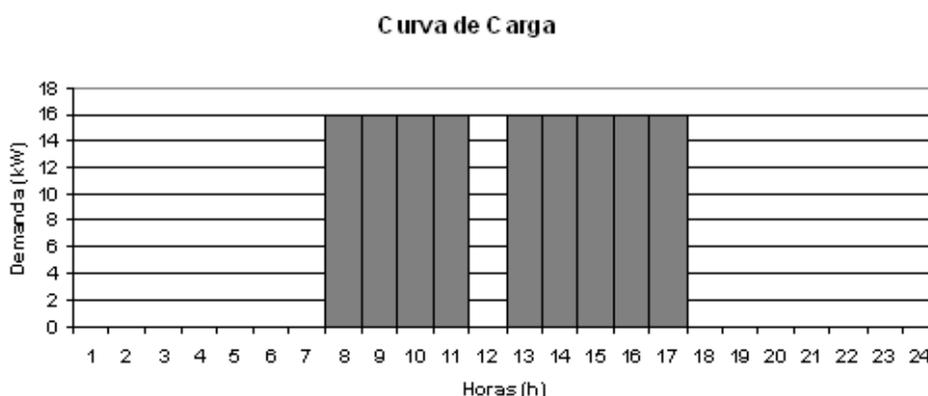


Figura 4. Curva de carga estimada para a Fábrica de Vassouras.

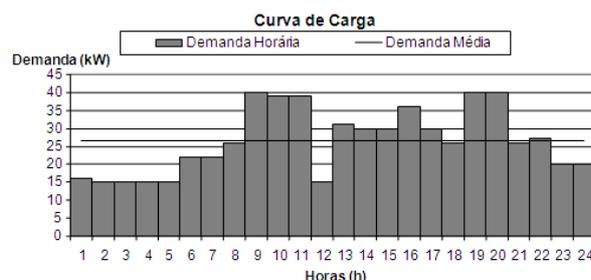


Figura 5. Curva de carga total estimada para a comunidade (considerando a demanda reprimida e a troca de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas).

As curvas de demanda foram obtidas através da realização de entrevistas com o responsável por cada uma das unidades consumidoras, utilizando formulário sócio econômico e de demanda, onde foram coletadas as seguintes informações (Pinho, 2008): número total de unidades atendidas, número total, tipo, potência e regime de funcionamento dos equipamentos elétricos existentes nas unidades consumidoras, hábitos dos consumidores que provoquem consumo de energia (festas na localidade, lâmpadas acesas ao dormir), tipo e consumo de energéticos nas unidades consumidoras, possibilidade futura de expansão do consumo de energia elétrica.

Para a elaboração das curvas foi considerada não somente a carga existente, mas foi obtida também junto aos moradores a demanda reprimida, aquela que atenderá os anseios da comunidade no futuro em curto prazo (Rendeiro, 2008), ou seja, os equipamentos elétricos que os consumidores pretendem adquirir logo após a eletrificação visto não terem adquirido pelo fato de não haver o atendimento contínuo de energia elétrica.

3. ASPECTOS LEGAIS

A seguir são relacionados e comentados os principais instrumentos legais atualmente existentes no setor elétrico brasileiro, pertinentes à produção independente de energia - PIE, à conexão e comercialização de energia gerada por PIEs, bem como ao incentivo, para energia gerada com fontes alternativas, em sistemas isolados, que dão suporte ao modelo de gestão apresentado, e análise de sua possibilidade de aplicação, ou não, ao sistema da Comunidade Santo Antônio.

3.1 Aspectos de Mercado e Comercialização

A legislação que define os agentes, os ambientes de comercialização e regula a formação de preços da energia gerada por PIEs, e que se pode aplicar a fontes incentivadas, atuando em sistemas isolados é resumida a seguir:

- Lei 9.074 de 07 de julho de 1995 - estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões, permissões e autorizações dos serviços e instalações de energia elétrica. Esta lei define o porte e finalidade dos empreendimentos de geração para enquadramento em concessão, autorização ou simples registro. Define que na implantação de usinas termelétricas de potência igual ou inferior a 5.000 kW, estão dispensadas a concessão, permissão ou autorização, devendo apenas ser comunicados ao poder concedente (Lei 9.074, 1995).

- Decreto No 2.003, de 10 de Setembro de 1996 - Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor e dá outras providências. Define Produtor Independente de Energia Elétrica a pessoa jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao comércio de toda ou parte da energia produzida, por sua conta e risco e Auto Produtor de Energia Elétrica a pessoa física ou jurídica ou empresas reunidas em consórcio que recebam concessão ou autorização para produzir energia elétrica destinada ao seu uso exclusivo (Decreto No 2.003, 1996a).

O Decreto 2.003 de 1996 (Decreto No 2.003, 1996b) permite que a comercialização da energia e/ou potência produzida pelo PIE possa ser realizada com conjunto de consumidores de energia elétrica, independentemente de tensão e carga, nas condições previamente ajustadas com o concessionário local de distribuição, e permite também que seja realizada com qualquer consumidor que demonstre ao poder concedente não ter o concessionário local lhe assegurado o fornecimento no prazo de até 180 dias, contado da respectiva solicitação.

- Resolução Normativa ANEEL N° 205 de 22 de Dezembro de 2005 - Estabelece os procedimentos e as condições gerais para o enquadramento de cooperativas de eletrificação rural como permissionária de serviço público de distribuição de energia elétrica, bem como para operação de instalações de distribuição de energia elétrica de uso privativo, em área rural, aprova o modelo de Contrato de Permissão, e dá outras providências. Define que a permissionária, cujo mercado seja inferior a 500 GWh/ano e possua autorização para geração de energia elétrica totalmente destinada ao atendimento do mercado próprio, poderá incorporá-la à permissão do serviço público de distribuição, para todos os fins (ANEEL, 2005a).

Estabelece que a cooperativa que não preencher os requisitos para regularização como permissionária do serviço público, e que, concomitantemente, detenha a propriedade e opere instalações de distribuição de energia elétrica de uso privativo de seus associados, cujas cargas se destinem ao desenvolvimento de atividade predominantemente rural,

poderá ter o respectivo ato de outorga convalidado, ou, em caso de inexistência deste, receber autorização específica da ANEEL para a operação das respectivas instalações, em área rural (ANEEL, 2005b).

Define que as tarifas iniciais de fornecimento e de compra de energia, a serem aplicadas pela permissionária após o início de vigência do Contrato de Permissão, serão aquelas fixadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL considerando as correspondentes tarifas básicas. (ANEEL, 2005c).

- Decreto 7.246 de julho de 2010 – Define que as concessionárias de distribuição nos Sistemas Isolados deverão atender à totalidade dos seus mercados por meio de licitação, na modalidade de concorrência ou leilão. Este decreto define Regiões Remotas como sendo pequenos grupamentos de consumidores situados em Sistema Isolado, afastados das sedes municipais, e caracterizados pela ausência de economias de escala ou de densidade, e estabelece que as licitações a serem realizadas para que as distribuidoras adquiram a energia necessária ao atendimento para estes mercados terá como objeto a contratação de prestação de serviços de suprimento de energia elétrica em Regiões Remotas por meio de sistemas de geração descentralizada com redes associadas, baseadas em um Projeto de Referência a ser encaminhado à Empresa de Pesquisa Energética – EPE, como parte do planejamento do mercado da distribuidora.

3.2 Incentivo às Fontes Alternativas de Energia

A legislação que define condições específicas e incentivos para obtenção de concessão, autorização ou registro, conexão e comercialização de energia de empreendimentos de geração com fontes alternativas, em sistemas isolados é apresentada a seguir:

- Resolução Normativa ANEEL No 390, de 15 de dezembro de 2009 - Estabelece os requisitos necessários à outorga de autorização para exploração e alteração da capacidade instalada de usinas termelétricas e de outras fontes alternativas de energia, e os procedimentos para registro de centrais geradoras com capacidade instalada reduzida, conforme seguintes especificações: para Potência menor que 5.000 kW o tipo de documento deve ter registro, já para Potência maior que 5.000 kW o tipo de documento deve ter autorização (ANEEL, 2009).

- Resolução ANEEL No 335 de 28 de outubro de 2008 - Estabelece limites para o repasse dos custos com aquisição de energia elétrica às tarifas dos consumidores finais localizados nos Sistemas Isolados.

Os custos com aquisições de energia elétrica oriunda de centrais termelétricas movidas à biomassa de madeira serão repassados às tarifas dos consumidores finais das concessionárias e permissionárias de distribuição até o limite de R\$137,77 (ANEEL, 2008).

- Portaria 60/2009, Manual de Projetos Especiais do Programa Luz para Todos - Estabelece os procedimentos, critérios técnicos e financeiros dos Projetos Especiais, estes dizem respeito a projetos de eletrificação rural destinados ao atendimento de localidades que se encontram distantes das redes de distribuição de energia elétrica existentes, de difícil acesso e normalmente com baixa densidade populacional. Os projetos devem priorizar a utilização de fontes renováveis e mitigar os impactos ambientais. Define que os recursos necessários ao desenvolvimento dos Projetos Especiais são de 85 % (oitenta e cinco por cento), sob a forma de subvenção econômica (CDE) e 15% de contrapartida dos Agentes Executores (concessionárias de distribuição de energia). A subvenção econômica destina-se, em sua totalidade, à cobertura dos Custos Diretos, inclusive aqueles relacionados à elaboração do projeto e topografia terceirizados.

4. MODELO DE GESTÃO

4.1 Premissas Regulatórias

O sistema elétrico brasileiro é desverticalizado, sendo que a concessionária, permissionária, autorizada de distribuição de energia, ou cooperativa de eletrificação rural, não pode realizar serviços de geração na mesma área de concessão, com exceção dos sistemas isolados, e também no atendimento ao seu mercado próprio, desde que seja inferior a 500 GWh/ano e a totalidade da energia gerada seja a ele destinada (Lei 9.074 de Julho de 1995). Por este motivo, pode-se considerar um mesmo agente atuando na comunidade Santo Antônio como gerador e distribuidor de energia elétrica.

Adicionalmente, considerando que a potência instalada da usina é menor que 5.000 kW, um agente de geração necessita apenas registrar a central geradora térmica (Resolução ANEEL 390 de 2009) e no mesmo processo solicitar autorização para comercializar a energia, sendo este um processo simplificado. Como no caso da Comunidade de Santo Antônio a geração de energia se destina somente ao atendimento dos próprios associados da cooperativa da comunidade, e sendo a distribuição muito simples (pequena extensão e em baixa tensão), uma alternativa que se mostra apropriada de modelo de atendimento da Comunidade Santo Antônio é o registro da usina como autoprodutor, considerando que a energia gerada é utilizada exclusivamente para consumo próprio da cooperativa da comunidade.

Cumprir observar que atualmente não há legislação específica que trate da situação de autorizadas com geração própria, para atendimento aos cooperados. Na legislação relacionada é tratado o caso de cooperativa regularizada como permissionária, com mercado inferior a 500 GWh/ano e possuindo autorização para geração de energia elétrica, totalmente destinada ao atendimento do mercado próprio, podendo, neste caso, incorporá-la à permissão do serviço

público de distribuição, sendo definidas posteriormente como cooperativas de eletrificação rural com geração destinada ao mercado próprio – CERG, e realizando o enquadramento como permissionária.

Considerando a possibilidade de modelo instituindo uma Cooperativa de Eletrificação Rural, para um porte de sistema tão pequeno como é o caso do sistema da Comunidade Santo Antônio (50 kW), há a necessidade de estabelecer regulamentos que tratem o caso de cooperativas autorizadas, que possuam registro de central geradora para atendimento ao mercado próprio, contemplando condições simplificadas para incorporação da autorização de distribuição ao processo de registro da usina.

4.2 Enquadramento do Empreendimento

Considerando a legislação citada e levando em consideração o porte do sistema, optou-se pela implantação de um modelo de gestão baseado na gestão comunitária realizada pela Cooperativa, com a operação e manutenção do sistema realizada pela Cooperativa, bem como os serviços comerciais de leitura, emissão de conta e arrecadação de forma simplificada. A Cooperativa registrou a usina de geração implantada como autoprodutor, tendo em vista o porte do sistema, e o fato de que a energia gerada é de uso exclusivo da mesma.

O sistema de eletrificação foi implantado pela concessionária, com recursos de seu Programa de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D. Desta forma, os ativos do sistema de eletrificação são da concessionária, que os cedeu em comodato para a cooperativa, durante um período de dois anos, para que a mesma opere a geração e distribuição da energia aos cooperados, e às instalações da pequena indústria. Este procedimento permite também que a concessionária acompanhe a gestão, e possa intervir no sistema implantado, caso o modelo não tenha sucesso.

Considerando a replicação em grande escala do modelo de gestão implantado na comunidade, a usina e minirrede de distribuição para atendimento à comunidade Santo Antônio poderiam ser implantados com recursos do Programa Luz para Todos, pelo agente executor do programa, representado pela concessionária local, sendo este responsável por 15% do valor de investimento e os ativos sendo cedidos às comunidades em comodato, observando para tal o preconizado na Portaria Nº 493 de 2011 do Ministério de Minas e Energia (MME).

4.3 Estrutura de Manutenção e Operação

O modelo de gestão proposto prevê a operação da usina realizada por operadores e mantenedores, que além de operar a usina de geração poderão ser mobilizados para realizar intervenções na rede de distribuição, bem como os serviços comerciais de leitura, entrega de contas, corte e religação, uma vez que a rede tem pequena extensão e baixa tensão. Os serviços comerciais serão realizados de forma simplificada, através de banco de dados e ferramenta computacional para cálculo e emissão da fatura, bastando somente um microcomputador para realização das tarefas. Este modelo de gestão foi considerado para a Comunidade de Santo Antônio tendo em vista os seguintes fatos: os resíduos de biomassa, combustível da usina de geração, pertencem à comunidade, não sendo sustentável a geração de energia pertencer à concessionária de distribuição local; a distribuição de energia é realizada através de minirrede com aproximadamente 600 m de extensão, em baixa tensão, utilizando cabo multiplexado, sendo bastante simples e não demanda manutenção e operação de difícil execução; a comunidade apresenta um nível de organização adequado ao modelo proposto; o modelo permite a eletrificação de comunidades isoladas com custos de energia menores que aqueles onde a concessionária precisa manter mão-de-obra permanente. Observa-se que para garantir a perenidade do sistema de eletrificação através da gestão pela cooperativa da comunidade, durante um período estaria previsto o suporte técnico à comunidade realizado pela concessionária de energia que está fomentando este tipo de modelo.

5. CUSTO DA ENERGIA

Nesta seção é calculado o custo da energia a ser produzido pela usina a vapor, o custo anual de O&M, bem como é simulada a operação anual da usina de geração, considerando o modelo de gestão descrito e um modelo de gestão onde a concessionária assume a geração e a distribuição da energia.

O custo da biomassa é considerado zero, devido à mesma estar disponível na própria comunidade; a taxa de desconto é de 14 % ao ano; tempo de depreciação dos equipamentos de 25 anos; salário base dos operadores de R\$ 697,50; salário mais encargos sociais e periculosidade de R\$ 1.395,00, com um número de 10 operadores; custos anuais de manutenção de R\$ 11.500,00; número de horas de operação anual igual a 8.640 h, sendo as cargas parasitas de 10 %. Os custos envolvidos são: projeto da Usina de 50 kW, R\$ 50.000,00; registro na ANEEL, 15.000,00; e licenças ambientais de R\$ 15.000,00, perfazendo um total de projetos e licenças é de R\$ 80.000. Os custos de equipamentos são: caldeira, R\$ 250.000,00; turbina, R\$ 350.000; gerador, R\$ 40.000; condensador, R\$ 60.000; e tanque de condensado, R\$ 60.000, perfazendo um total com equipamentos de R\$ 735.000,00. As montagens e instalações demandam um custo de R\$ 183.750,00; obras civis, R\$ 250.000,00; sendo os investimentos totais de R\$ 1.248.750.

A Fig. 6 mostra uma curva com o consumo específico de biomassa, obtido através da operação de uma turbina a vapor de simples estágio de 6 kW, fabricante COPPUS, que operou 1.716 horas em laboratório, utilizando resíduos do setor madeireiro e o consumo específico obtido em catálogo do turbo gerador de 50 kW, fabricante TGM, instalado na

Comunidade de Santo Antônio (PINHEIRO, 2011).

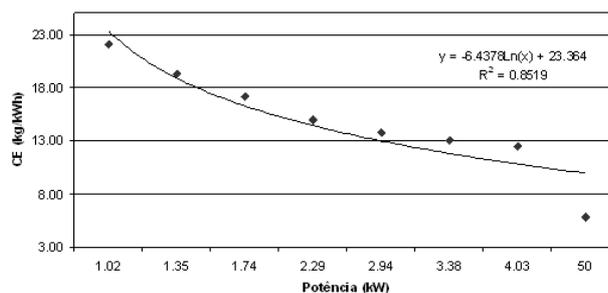


Figura 6. Consumo Específico Turbinas de Simples Estágio.

Utilizando-se o programa HOMER, versão 2.68, para modelagem energética de sistemas com energia renovável, foi realizada simulação da operação da usina a vapor, bem como feito o estudo de viabilidade econômica.

O HOMER utiliza um modelo computacional desenvolvido pelo National Renewable Energy Laboratory EUA (NREL) para auxiliar no dimensionamento de sistemas com microgeração de energia, e permitir o estudo comparativo das tecnologias de geração de energia e/ou os dimensionamentos ótimos para um determinado tipo de tecnologia de conversão de fontes renováveis. A modelagem do programa prevê o comportamento operacional da usina de geração, bem como o custo de geração, sendo este o custo de investimento e operação do sistema durante sua vida útil. O programa permite também que o projetista compare várias opções de projeto diferentes, com base em suas vantagens técnicas e econômicas (Lambert, 2006).

Desta forma, foram obtidos os resultados operacionais da usina, resultando para a Energia Anual Produzida (MWh/ano) um valor de R\$ 321.565,00; para a Demanda Média (kW) R\$ 36,70; Demanda Máxima (kW), R\$ 41,00; Consumo de Combustível (ton/ano), R\$ 1.912,00; e Consumo Específico ($\text{kg}_{\text{biomassa}}/\text{kWh}$) de R\$ 5,94. Também são apresentados os resultados econômicos, comparativos para o caso de gestão pela cooperativa (caso 1) e gestão pela concessionária (caso 2). O Valor Presente Líquido (VPL) é de R\$ 1.206.569,00 para o caso 1 e R\$ 2.461.191,00 para o caso 2; o custo de geração é de R\$ 567,00/MWh para o caso 1 e R\$ 1.156,00/MWh para o caso 2; a despesa com O&M Anual é de R\$ 182.175,00 para o caso 1 e R\$ 342.644,00 para o caso 2.

Considerando o modelo baseado na gestão do sistema pela cooperativa da comunidade, pode ser feita uma análise preliminar do custo de operação do sistema em relação ao benefício obtido com o deslocamento do diesel, pela entrada em operação da usina a biomassa em lugar dos grupos geradores antigos. Os custos mensais de operação do sistema a vapor, representados pela remuneração dos operadores, são de aproximadamente R\$ 9.983,33 e os custos de manutenção mensal são de aproximadamente R\$ 938,33, considerando os custos com a manutenção preventiva especializada anual e material de consumo, totalizando um custo mensal de O&M da usina a biomassa de aproximadamente R\$ 11.000,00.

Considerando a curva de demanda apresentada na Figura 9, o consumo específico dos grupos geradores a diesel em torno de 0,4 L/kWh (grupos pequenos, antigos e com manutenção inadequada) e o valor do litro de diesel de R\$ 2,408 (valores ANP junho/2011 para o Município de Breves), tem-se um custo de aproximadamente R\$ 20.890,07 mensal de diesel deslocado. Desta forma, os custos evitados somente com o consumo de óleo diesel são aproximadamente duas vezes o custo de O&M do sistema implantado. Caso fossem computados os custos com a manutenção dos grupos geradores a diesel eliminados, a diferença seria maior. Assim sendo, a análise preliminar demonstrou ser viável a substituição da geração a diesel pela usina de queima direta de biomassa.

6. CONCLUSÕES

Nas análises realizadas os custos da energia obtidos para um modelo com gestão comunitária foram metade dos custos de energia obtidos para um modelo com gestão pela concessionária. Entende-se então que implantação de modelos de gestão que permitam a utilização de mão-de-obra e recursos locais, com gestão também local, permite a eletrificação de comunidades isoladas com custos de energia menores que aqueles onde a concessionária precisaria manter mão-de-obra permanente, podendo assim serem melhor incentivados por políticas setoriais. Considerando a existência de diversas comunidades na região em estudo, cuja base da econômica produz resíduos em quantidade suficiente para operar um sistema baseado em queima direta de biomassa, a operação destes tipos de usina pela própria comunidade pode ser considerada viável, desde que os resíduos sejam produzidos *in loco*.

Considera-se que este modelo teria boa possibilidade de replicação em comunidades com bom nível de organização, permitindo a eletrificação de consumidores isolados com menores custos de energia. Entretanto, considera-se também muito importante verificar a viabilidade e sustentabilidade deste tipo de modelo em outros casos.

Sugere-se que seja feito estudo visando definir um Valor de Referência para repasse dos custos de geração aos consumidores finais no caso desses microssistemas de geração isolados, quando a fonte é a biomassa, visto que os valores atualmente estabelecidos não cobrem os custos de geração de microssistemas. É necessária a criação de

legislação específica para “micro” PIEs e “micro” permissionárias de distribuição de energia, visando viabilizar a utilização destes sistemas de eletrificação.

Para atendimento aos consumidores em locais remotos, quando a opção é a gestão local, devem ser realizadas tarefas de levantamento das características socioeconômicas, visando ao conhecimento das dinâmicas das comunidades, a fim de que o modelo proposto seja compatível com a realidade das mesmas, que na maioria dos casos é bastante diverso da realidade conhecida por técnicos e órgãos desenvolvedores dos programas de implantação de infraestrutura, como é o caso do Programa de Universalização de Energia Elétrica, bem como realizadas atividades sociais e educacionais, em conjunto com a eletrificação, que possibilitem a mobilização da comunidade para o uso adequado dos equipamentos instalados, e permitam a perenidade do sistema implantado, quanto à manutenção e operação do sistema de eletrificação e uso racional da energia. Neste sentido também é de suma importância a identificação e a promoção de atividades econômicas acopladas ao processo de eletrificação, que podem ser fomentados pelos mesmos órgãos de eletrificação ou de forma integrada com programas de órgãos ligados ao desenvolvimento rural, haja vista que um dos objetivos do Programa de Universalização é a melhoria do Índice de Desenvolvimento Humano – IDH das populações e o desenvolvimento econômico local.

REFERÊNCIAS

- Decreto No 2.003, 1996a. Art. 2º Inciso I, 10 de Setembro. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2003.htm>. Acesso em 03/05/2012.
- Decreto No 2.003, 1996b. Art. 23º Incisos IV e V, 10 de Setembro. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2003.htm>. Acesso em 03/05/2012.
- Lambert, T.; Gilman, P.; Lilienthal, P. Micropower System Modeling with Homer, in: Farret, F.A.; Simões, M.G. (Eds.). Integration of Alternative Sources of Energy. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2006. P. 379-417
- Lei 9.074, 1995. Capítulo II, 07 de julho. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9074compilada.htm>. Acesso em 03/05/2012.
- Pinheiro, G.P.; Rendeiro, G.; Pinho, J.; Macedo, E. Rural electrification for isolated consumers: Sustainable management model based on residue biomass. Energy Policy, v.39, n. 10, p. 6211-6219, 2011.
- Pinheiro, G.P.; Rendeiro, G.; Pinho, J.; Macedo, E. Sustainable management model for rural electrification: Case study based on biomass solid waste considering the Brazilian regulation policy. Renewable Energy, v.37, n.1, p. 379-386, 2011.
- Vol 37.
- Pinho, J.T.; Barbosa, C.F.O.; Pereira, E.J.S.; Souza, H.M.S.; Blasques, L.C.M.; Galhardo, M.A.B. Sistemas Híbridos – Soluções Energéticas para a Amazônia. 1.ed. Brasília: Ministério de Minas e Energia; 2008. 394 p.
- Rendeiro, G.; Nogueira, F.M., Brasil, A.C.M.; Cruz, D.O.A.; Guerra, D.R.S.; Macedo, E.M. Combustão e Gaseificação de Biomassa Sólida – Soluções Energéticas para a Amazônia. 1.ed, Brasília: Ministério de Minas e Energia 2008. 190 p.
- Resolução Normativa da ANEEL, 2005a. No 205, Art.9º, 22 de Dezembro. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2005205.pdf>>. Acesso em 03/05/2012.
- Resolução Normativa da ANEEL, 2005b. No 205, Art.42º, 22 de Dezembro. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2005205.pdf>>. Acesso em 03/05/2012.
- Resolução Normativa da ANEEL, 2005c. No 205, Art.13º, 22 de Dezembro. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2005205.pdf>>. Acesso em 03/05/2012.
- Resolução Normativa da ANEEL, 2009. No 390, de 15 de dezembro. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2009390.pdf>>. Acesso em 03/05/2012.
- Resolução Normativa da ANEEL, 2008. No 335, Art. 6º Parágrafo 2º, 28 de outubro. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2008335.pdf>>. Acesso em 03/05/2012.

RURAL ELECTRIFICATION OF ISOLATED CONSUMERS - A MODEL FOR SUSTAINABLE MANAGEMENT BASED ON RESIDUAL BIOMASS

Abstract. *This paper presents a case study on the electrification of a riverine community, located in the State of Pará, Brazil, in the scope of the program of universalization of electric energy services in Brazil, and is the result of a Research and Development program of the local utility, Celpa, named "Implementation of power generation systems to supply the isolated communities of the northern region". The community was electrified by means of a biomass micro-power plant, based on the direct burning of the residue produced by local economic activities. The objective of this paper is to propose a sustainable management model appropriate to the conditions of isolated communities, considering the high costs of operation and maintenance related to supplying individual consumers in small villages. It simulates the operation of a biomass micro-power plant, its generation costs, analyzes the pertinent legal issues, and suggests a management model.*

Key words: Rural Electrification, Biomass, Management model, Generation costs, Decentralized systems