

FORNECIMENTO DE SERVIÇO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA COMUNIDADES ISOLADAS DA AMAZÔNIA: UM ESTUDO DE CASO

Elizabeth Ferreira Cartaxo¹

Universidade Federal do Amazonas

Gilberto De Martino Jannuzzi²

Universidade Estadual de Campinas

RESUMO

O trabalho consiste na apresentação dos indicadores sócio-econômicos e energéticos de comunidades isoladas da Amazônia, a partir de um estudo de caso. É apresentada uma análise técnica e econômica do sistema híbrido solar-diesel que fornece energia para uma comunidade, abordando aspectos de desempenho, viabilidade de custos, formas de uso de eletricidade e condições de sustentabilidade por parte dos consumidores. Foi feito um estudo da carga pelo lado da demanda com a finalidade de identificar os padrões de consumo dessas populações e estabelecer alternativas de uso mais eficiente e atrativo.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar, Sistema Híbrido, Gerenciamento da Demanda

1.0 - INTRODUÇÃO

Energia, de tão essencial, se tornou indispensável para o rumo do bem estar humano, esta ainda é, para algumas regiões da Amazônia, um privilégio de poucos. O atendimento precário marca sua realidade, mesmo nos grandes centros, como a exemplo da cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas.

A geração a diesel continua sendo o mais significativo vetor da matriz energética para toda a região. O uso racional de energia e as fontes alternativas ainda são legados a segundo plano pelo planejamento energético regional. A pergunta nesse caso é: Qual a saída? No

caso das pequenas populações dessa região, quais são as alternativas? Qual o seu atrativo para a economia de mercado? Responder estas perguntas é um trabalho de fôlego, porque embora haja algumas obviedades nas respostas, seu caminho não é simplório. Foi com essa consciência que o presente trabalho procurou conhecer, com profundidade, detalhes das características das pequenas vilas, remotas, isoladas, aparentemente com nenhum peso econômico, se considerado o valor agregado de sua atividade produtiva. Com as perspectivas do novo cenário do setor elétrico no Brasil, com privatizações e um mundo globalizado, qual será o futuro de quem não consegue seduzir o interesse do investidor?

É uma questão desafiadora, que certamente não é resolvida com ações paternalistas do Estado, porque o novo quadro que se delineia não aceita pagar essa conta, fato esse já anunciado pelo prazo de vigor da conta de consumo de combustível (CCC). Faz-se necessário investigar para determinar a verdadeira vocação energética dessa região, uma energia que derive de seus recursos naturais, que sustente a cadeia de custos e atenda, não somente o consumo doméstico mas que alimente sua cadeia produtiva, para que dela saia o seu sustento e a capacidade de poder pagar.

O estudo foi realizado na comunidade de Vila Campinas, localizada no interior do Estado do Amazonas.

¹ Faculdade de Tecnologia, Av. Rodrigo O. J. Ramos, 3000 – Coroado CEP 69077-000 Manaus/AM
FoneFax: (92) 6442194 e-mail: ecartaxo@fua.br

² Faculdade de Engenharia Mecânica, e-mail: jannuzzi@fem.unicamp.br

2.0 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA VILA

O interesse por levantamentos e estudos que permitam conhecer os padrões de consumo e uso de eletricidade em pequenas comunidades tem se mostrado de extrema importância para delinear as reais necessidades energéticas e orientar quais as alternativas viáveis para o atendimento dessas localidades minimamente rentável e sustentável (MILUKAS, 1993), tendo em vista o déficit de atendimento destas regiões, a desestruturação na distribuição do consumo, a eficiência energética, a forma de uso, dentre outros.

2.1 Localização da Vila

Vila Campinas está localizada no Estado do Amazonas, 53 km em linha reta da sede do município, Manacapuru, distante 80 km de Manaus, acesso somente por via fluvial. Cerca de 1500 km², topografia plana, levemente ondulada, de níveis muito baixos, clima quente e úmido, temperatura média de 26,43°C.

2.2 Características sociais

A população da Vila é cerca de 1010 e em seus arredores, em torno de 1000. A exploração dos recursos naturais é a base econômica, pois representa os poucos meios de trabalho existentes. A pesca é a principal fonte de renda da população e quase a totalidade da agricultura praticada é de subsistência.

O transporte de acesso a Vila são barcos de linha oriundos de Manacapuru, que levam em média 6 horas de trajeto até esta, ou barcos de motor de popa, tipo "voadeiras", que reduzem o tempo para três horas.

2.3 Características Energéticas

Em 1987 foi instalada em Vila Campinas a usina termelétrica com capacidade nominal de 96 kW para fornecer energia elétrica no período de 18:00 a 24:00hs., operada pela concessionária estadual.

A Tabela 1 mostra dados levantados dos principais equipamentos encontrados (CARTAXO, 2000).

Descrição	Consumo (kWh/mês/aparelho)	Potência Média (W)	Índice de Posse
Televisor	12,0	59,6	0,29
Ventilador	14,1	55,1	0,90
"Freezer"	54,1	225,6	0,22
Geladeira	51,8	172,7	0,11
Lâmpada	10,5	58,9	2,70
Rádio	3,9	23	0,38

Fonte: CARTAXO, 2000

A Figura 1 apresenta estimativas de participação de cada uso final da energia elétrica. O perfil mostra quais categorias têm potencial para medidas de conservação e uso eficiente, de modo a contribuir para redução de consumo em horário crítico. Vê-se que iluminação é relevante no período noturno. Refrigeração representa grande parcela da carga durante todo o período.

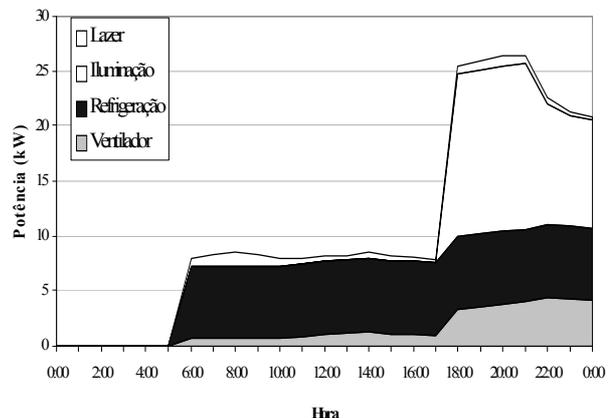


FIGURA 1 - Contribuição estimada de cada uso final de energia

A Figura 2 mostra as curvas de carga estimada, a partir dos dados levantados em campo (CARTAXO, 2000) e registrada pelo sistema, fornecida pelo CEPEL, no período do levantamento. Observa-se uma similaridade de perfil e amplitude nas formas das curvas, o que sugere uma precisão razoável nas estimativas.

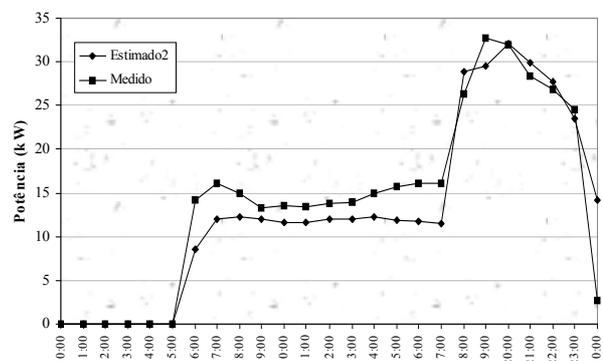


FIGURA 2 - Curvas de carga estimada e registrada

3.0 – O SISTEMA HÍBRIDO SOLAR-DIESEL

A disponibilidade do recurso solar na região em níveis satisfatórios para geração de energia elétrica, Figura 3, motivou a implantação do sistema híbrido de geração complementar em 1996, em Vila Campinas. A implantação do sistema foi viabilizada devido à doação dos equipamentos necessários pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, através do Laboratório de Fontes Renováveis (NREL), ao CEPEL. Campinas

tornou-se uma estação experimental, monitorada via satélite por técnicos da empresa nos Estados Unidos.

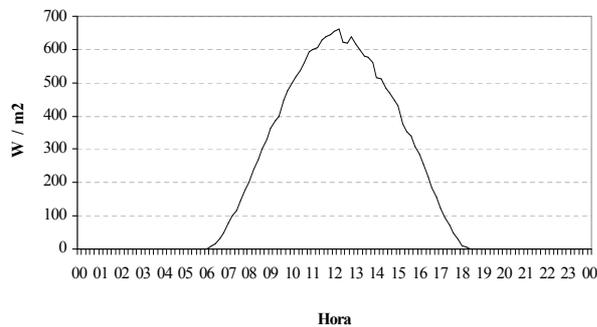


FIGURA 3 – Curva de radiação média solar na Vila (out./95-jul./96)

A UTE Campinas foi adaptada ao sistema solar, aproveitando a rede de transmissão elétrica e os geradores a Diesel existentes. A Tabela 2 apresenta os dados do sistema híbrido solar-Diesel existente.

TABELA 2. Dados do sistema de geração da Vila

Grupo gerador Diesel	2x48kW (127/220V)
Nº de painéis	800 (64Wp/painel)
Nº de baterias	120 (chumbo-ácida/200Ah)
Inversor	50kW (240Vcc/220Vca)
Subestação	220V/13,8kV
Horário de atendimento	18:00 às 24:00 horas*

*Nota: No ano da pesquisa(1997)

Fonte: CARTAXO, 2000

4.0 – ANÁLISE ECONÔMICA DOS SISTEMAS

Considerando duas condições de fornecimento de energia elétrica para a Vila; Diesel e híbrido solar-Diesel, os equipamentos instalados no local, com operação de 18 (após a operação do conjunto fotovoltaico) e 24 horas diárias (vigorada a resolução 315/98/ANEEL), foi realizado uma análise econômica dos sistemas, incluindo considerações técnicas de operação e investimentos, para fins comparativos.

A Tabela 3 mostra valores do custo específico de geração para cada situação do óleo Diesel e das condições de operação do sistema.

TABELA 3 - Custo específico de geração (\$²/ kWh)

	Diesel	Híbrido
Operação 18 horas (sem CCC)	0,138	0,292
Operação 18 horas (com CCC)	0,083	0,273
Operação 24 horas (sem CCC)	0,118	0,227
Operação 24 horas (com CCC)	0,065	0,203

Fonte: CARTAXO, 2000

Observando os valores apresentados, o único valor que não representa déficit para a concessionária, considerando a tarifa média cobrada de 0,067 \$/kWh, é 0,065 \$/kWh, situação em que o sistema opera 24 horas diárias, com geração Diesel, e com a conta do óleo subsidiada pela CCC. Fazendo apenas a consideração do custo de geração do sistema híbrido em relação ao sistema Diesel existente, ou seja operação 18 e 24 horas diárias respectivamente, sem CCC, o que se verifica é que o sistema híbrido mostrou-se 111% e 92%, respectivamente, superior ao custo de geração do sistema Diesel.

5.0 – PERSPECTIVAS DE SUSTENTAÇÃO

O crescimento acentuado da carga em função do crescimento do número de consumidores nos últimos anos, especialmente a partir da entrada do sistema híbrido, como mostra os números na Figura 4, compromete a sua sustentabilidade, tendo em vista a dificuldade de expansão do sistema solar e da tarifa aplicada aos consumidores.

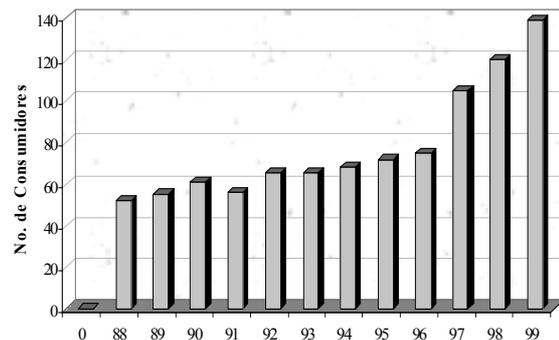


FIGURA 4 - Evolução do nº. de consumidores da Vila

5.1 – Medidas para redução de consumo

5.1.1 – Troca de lâmpadas

Uma das ações que, efetivamente, pode colaborar para minimizar o consumo de combustível na Usina (em virtude do horário de consumo) e a demanda de eletricidade, no horário de pico, seria direcionar ações pelo lado da demanda residencial em iluminação, onde é predominante o uso da lâmpada incandescente. A substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas mais eficientes, com certeza, iria proporcionar uma redução substancial na carga, principalmente nos horários críticos do sistema.

A lâmpada PLE, além de ser um dos tipos de lâmpada que oferece melhor desempenho, pode ser facilmente instalada aproveitando os materiais já existentes nas residências, sem precisar de adaptações. A Figura 5

² Cotação do dólar de 19/03/1999 (\$1,00 = R\$1,67)

mostra o efeito estimado da redução do consumo em iluminação, como consequência da troca das lâmpadas incandescentes por equivalentes PLE. Esta redução, em termos percentuais, representa cerca de 75% na demanda de iluminação.

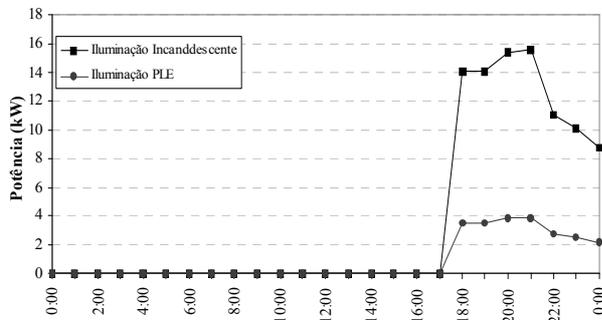


FIGURA 5 - Curvas de carga estimadas de iluminação incandescente e equivalência à troca por PLE

A substituição das lâmpadas incandescentes por PLE levaria a uma redução no consumo de 186 kWh para 119 kWh, no horário crítico do sistema, compreendido entre 18:00 e 24:00 horas. Esta alteração equívale a uma mudança na demanda média nesse intervalo de cerca de 27 kW para 17 kW, o que implica uma diferença de consumo de combustível na geração, visto que neste horário opera o sistema diesel. Em termos de consumo médio diário de Diesel significaria reduzir em torno de 17 litros de óleo diário, ou seja, cerca de 34% abaixo do consumo anterior. Monetariamente, seria uma economia perto de 1.573,00 \$/ano, que teria como efeito uma redução deste valor de 26% nos cofres da empresa e 74% na participação da CCC.

Enfocando a análise com vistas ao consumo e custos do lado do consumidor, verifica-se que: considerando o valor estimado do consumo médio diário por residência de 2,7 kWh, mostrado no Capítulo 4, assim como os valores de tempo médio de uso diário, índice de posse e potência média das lâmpadas incandescentes, também apresentados no referido capítulo, de 5,92, 2,7 e 58,9 respectivamente, a demanda média com uso de iluminação incandescente por residência seria de 159W, que representaria um consumo médio mensal de cerca de 28 kWh. Praticando a tarifa média de 0,067 \$/kWh, o valor médio da fatura da conta de energia elétrica mensal por residência seria em torno de \$ 5,40. Com 35% do consumo médio residencial de eletricidade voltado para a iluminação, isto equívale, em termos monetários, a cerca de \$ 2,00 mensais.

A troca das lâmpadas incandescentes por lâmpadas PLE de 15 W representaria alterar a demanda média diária para 41 W, significando um consumo médio mensal em torno de 7,2 kWh. A redução no consumo

implicaria em redução de cerca de 28% da conta de energia, ou seja, o valor de \$ 5,40/mensal passaria para \$ 3,90/mensal, uma economia de \$ 1,50/mês.

5.1.2 – Fábrica de gelo: uma fonte de renda

Uma nova visão de planejamento energético surgiu no últimos anos e requer um processo mais complexo que o tradicional, contemplando múltiplos objetivos e critérios (econômicos, sociais, ambientais, e outros), tanto em termos de oferta como de demanda (JANNUZZI e SWISHER, 1997). Com a perspectiva de contemplar esses objetivos e critérios, muitas vezes conflitantes, surge o conceito de Planejamento Integrado de Recursos (PIR). A ótica de planejamento moderno está cada vez mais voltada para o PIR, em virtude da fragilidade da expansão da oferta a custo mínimo (“least cost planning”) em relação a outros parâmetros, que tendem a nortear mais fortemente as opções de crescimento. Isto significa integrar uma faixa mais ampla dos componentes do custo, incluindo custos ambientais e outros sociais, dentro da avaliação e da seleção das alternativas técnicas potenciais (JANNUZZI e SWISHER, 1997). O planejamento integrado de recursos cria um cenário mais favorável para o desenvolvimento dos potenciais de oferta de energia, baseadas no uso de fontes que estão disponibilizadas no local, preferencialmente as fontes renováveis, com tecnologias de uso final eficientes, e minimização da dependência das fontes poluidoras.

Analisando o consumo e as necessidades da população de Vila Campinas, foi possível identificar algumas medidas que poderiam promover a integração dessas necessidades com a disponibilidade de recursos e a conservação de energia elétrica, particularmente no caso da refrigeração. Assim como o uso de eletricidade para iluminação, o uso em refrigeração é muito significativo no consumo, representando cerca de 20% do estimado, além de ser prioritariamente necessária para o desempenho da atividade econômica da população, a conservação do pescado. Portanto, levando-se em conta que a população necessita do frio para conforto e trabalho, seria oportuno desenvolver um sistema que atendesse às duas necessidades de forma mais eficiente e igualitária, isto quer dizer, disponibilizasse a todas as famílias um potencial de conservação do pescado em grande quantidade e com possibilidade de escoamento da produção, além da oferta de gelo para o esfriamento de água ou conservação de alimentos, para cada família.

Neste caso, seria desnecessário a manutenção dos aparelhos de refrigeração existentes e a retirada destes reduziria o equivalente ao consumo estimado, referido anteriormente. Esta medida, além de possibilitar a redução da demanda no horário de consumo de Diesel,

também torna possível o aproveitamento da disponibilidade de energia elétrica no horário em que esta é gerada diretamente dos módulos fotovoltaicos.

Dentro dessa visão, poderia se pensar em várias alternativas para o aproveitamento da disponibilidade de eletricidade no período diurno, principalmente para gerar atividades econômicas que possibilitem um incremento na renda familiar da população e, também, conduzam a uma redução do uso de eletricidade no horário noturno.

Neste trabalho, sugere-se um sistema de produção de frio para fabricação de gelo, considerando que a principal atividade econômica da comunidade é o pescado.

Foi elaborado um projeto para dimensionar a fábrica que serviria à Vila e está operaria 8 horas diárias, com capacidade de produzir gelo para conservar 1000 kg de peixe, temperatura média da água de 25°C, 330 litros de água diários necessários. A potência total da fábrica seria 6,2 kW.

O uso de eletricidade para refrigeração é responsável por cerca de 20 % da energia consumida pelo setor residencial em Vila Campinas, conforme visto no capítulo três. Considerando um tempo médio de operação de 10 horas diárias para a geladeira e de 8 horas para o “freezer” (GUERREIRO et alii, 1996), o consumo médio diário para refrigeração seria 56,9 kWh, que representaria uma demanda média de 3,16 kW. A retirada dos aparelhos de refrigeração levaria à redução do consumo de 186 kWh (estimado) para 164 kWh, no horário das 18:00 às 24:00 h. A potência média nesse intervalo cai de 27 kW para 24 kW. Isto representa uma alteração no consumo médio de diesel de 6,7 l/h para 6,0 l/h, ou seja, equivale a uma redução de 10% naquele consumo, o que representa uma economia perto de 454\$/ano. Além disso, a fábrica de gelo possibilita um incremento na atividade produtiva e a utilização do potencial solar disponível.

Para o consumidor que possui um “freezer” em sua residência, o consumo mensal deste aparelho foi estimado em 54,1kWh, isto representa na sua conta mensal de energia elétrica um valor de R\$ 3,62. Seguindo o mesmo raciocínio para o consumidor que possui uma geladeira em sua residência, o consumo mensal estimado por aparelho foi de 51,8kWh, representando um valor de R\$ 3,47 na conta de energia deste consumidor.

6.0 – RESULTADO ESPERADO DAS MEDIDAS

As medidas para conservação de energia através da substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas

mais eficientes, juntamente com a adoção do novo sistema de frio e eliminação dos aparelhos de refrigeração, conduz a um novo perfil de consumo que expressaria a situação desejada, que é um modelo de uso de energia compatível com a disponibilidade do recurso solar energético diurno e a necessidade de energia elétrica para fins produtivos que incremente a renda familiar, assim como a redução do consumo de eletricidade nos horários de pico noturno visando uma redução no consumo de combustível na unidade geradora, proporcionando desta forma uma perspectiva favorável para o crescimento previsto da demanda futura.

O novo perfil estimado da curva de carga para a situação em que opera a fábrica de gelo no horário de 6:00hs. às 14:00hs. e a redução da carga de iluminação no horário de 18:00hs. às 24:00hs. em virtude da troca das lâmpadas incandescentes por lâmpadas PLE está retratada na Figura 6. Conforme verifica-se, o consumo no intervalo compreendido entre 6:00hs. e 14:00hs. aumenta, o que caracteriza um aproveitamento maior do potencial do sistema solar instalado, e uma redução considerável do consumo no horário entre 18:00hs. e 24:00hs., devido à alteração nas demandas de iluminação e refrigeração.

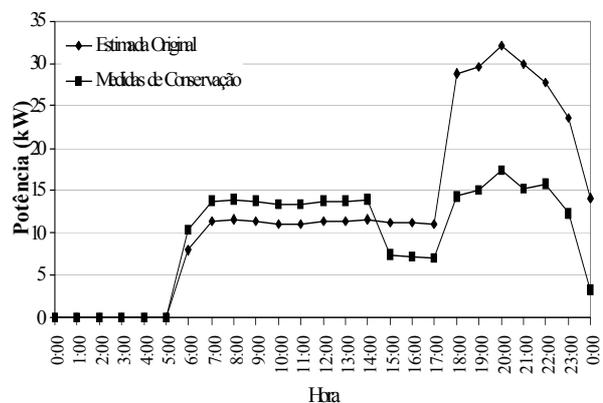


FIGURA 6 - Curva de carga estimada adotadas as medidas (fábrica de gelo e lâmpadas PLE)

7.0 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise econômica do sistema implantado na Vila, embora apresente valores elevados de custos, já esperado, mostrou as cifras destes valores, permitindo uma análise quantitativa entre as possibilidades das alternativas de geração de energia elétrica, e embora se perceba na operacionalização do mesmo a eficácia da fonte solar como parte da geração híbrida no suprimento de comunidades isoladas da Amazônia, os valores elevados dos seus equipamentos ainda constituem uma barreira muito forte para a adoção da tecnologia na escala dos valores dessas demandas.

Com relação as medidas aplicadas à demanda, além dos benefícios já citados, algumas externalidades podem ser observadas, por exemplo, com a aquisição do novo sistema de frio a disponibilidade de gelo fica acessível a todos os moradores, podendo estes dispor deste para conservação de seus alimentos e esfriamento da água de beber, o que proporcionaria um melhor conforto nos dias mais quentes do ano; estimularia a necessidade de uma organização comunitária para gerenciamento da nova situação; entre outras. A adoção da instalação da fábrica de gelo também poderá contribuir para a utilização dos painéis fotovoltaicos isolados da rede, caso a reposição das baterias se torne inviável. O número de painéis necessários para alimentar a máquina seria reduzido em relação ao sistema e estaria sendo usado para fins de geração de renda, o que possibilita aos usuários o acúmulo de uma poupança para manutenção do sistema, desde que devidamente bem gerenciada.

E finalmente, seria recomendável, e neste sentido com participação efetiva de investimentos e incentivos do governo, uma política voltada para a pesquisa nacional em tecnologia de equipamentos fotovoltaicos e implantação de indústrias brasileiras na produção de equipamentos, podendo permitir uma redução nos custos de investimento além de promover a geração de empregos no país. Um país com as dimensões do Brasil e com uma condição climática especialmente favorável para uso desta tecnologia, não se justifica estar fora desta indústria e não possuir um plano estratégico específico de exploração da energia solar.

7.0 – BIBLIOGRAFIA

(1) CARTAXO, E.F. Fornecimento de serviço de energia elétrica para comunidades isoladas da Amazônia: um estudo de caso. Tese de doutorado, UNICAMP/SP, 2000.

(2) GUERREIRO, A.G., SERRA, S.T., CARVALHO, M.L.R. e SILVA, M.C. A Influência da venda de eletrodomésticos na expansão do consumo residencial de energia elétrica, Anais do VII Congresso Brasileiro de Energia, 1996.

(3) JANNUZZI, G. M. e SWISHER, J. N. P. Planejamento integrado de recursos energéticos. Autores Associados, Campinas/SP, 1997.

(4) MILUKAS, M. V. Energy for secondary cities the case of Nakuru, Kenya, Energy Policy, Maio, 1993.