



## AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE UM SISTEMA DE ENERGIA ALTERNATIVO IMPLANTADO EM UMA COMUNIDADE ISOLADA

**Marcelo R. Athayde,**  
**José Silvério L. Martins Filho e**  
**Antônio C. P. Brasil Junior**  
Universidade de Brasília,  
Departamento de Engenharia Mecânica, 70910-900  
Brasília. DF. e-mail: [brasil@enm.unb.br](mailto:brasil@enm.unb.br)

**Resumo.** *A disponibilização de energia elétrica em comunidades remotas na região Nordeste do Brasil é uma discussão atual associada à garantia da sustentabilidade de assentamentos humanos. Este é um problema que apresenta estratégias de planejamento energético não convencionais, que devem ser embasadas sobre a ótica da sustentabilidade de pequenas comunidades. Neste trabalho, apresenta-se uma metodologia para avaliar a aplicação de energia em comunidades remotas. O estudo baseia-se na construção de um conjunto de indicadores de sustentabilidade que irão mostrar o reflexo da implantação de um sistema de energia renovável nesse tipo de comunidade.*

**Palavras-chave:** *Fontes de Energia Renováveis. Indicadores de Sustentabilidade. Comunidades Remotas.*

### 1. INTRODUÇÃO

A busca do desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento apresenta uma forte relação com a garantia de condições econômicas, sociais e ambientais favoráveis para pequenas comunidades distantes dos centros urbanos. A promoção do desenvolvimento com qualidade de vida em pequenas comunidades, apresenta reflexos diretos sobre o estabelecimento de níveis de equidade espacial associados à distribuição da população humana no território. O fluxo migratório de grandes contingentes populacionais de regiões interiores para as grandes cidades, é fenômeno característico da consequência dos modelos de desenvolvimento implantados em países em desenvolvimento. No Brasil, visto a sua extensão territorial e sua concentração de riqueza (e oportunidades) em regiões urbanas, o fluxo migratório compõe um cenário insustentável. Estabelecer comunidades sustentáveis ao longo de todo o território nacional é um grande desafio para garantir o Desenvolvimento Sustentável do país (BRASIL 2000). Na região Nordeste, o problema se apresenta de forma equivalente. A questão urbana na região caracteriza-se pelo estabelecimento de grandes desigualdades sociais nas grandes e médias cidades, como consequência direta da forma de ocupação do território. Reverter esta situação insustentável, provendo condições sócio-econômicas positivas para pequenas comunidades fora dos centros urbanos parece ser uma alternativa de desenvolvimento adequada para a região.

No Nordeste brasileiro grande parte da população concentra-se em médias e grandes cidades. Em boa parte destas cidades os serviços de energia são regularmente disponibilizados compondo uma matriz energética envolvendo geração hidrelétrica (cerca de 90% concentrados em um único rio, São Francisco), termoelétrica e motores diesel. Devido a fatores de escala, a geração e transmissão de energia elétrica para regiões urbanas é economicamente viável (ou em alguns casos somente politicamente viável). Por outro lado, um bom número de comunidades pequenas e muitas

vezes isoladas, são desprovidas de energia elétrica, ou ainda, a disponibilizam de forma intermitente através do uso de grupos geradores acoplados a motores diesel. Em tais comunidades, além da ausência do provimento da energia elétrica para uso doméstico, a agregação de valor para processos produtivos locais torna-se impraticável visto a carência do componente de energia. O sucesso de políticas de fixação da população em comunidades remotas do Nordeste brasileiro passa pelo estabelecimento de soluções técnicas para provimento de um potencial energético mínimo, garantindo a sustentabilidade local da comunidade. Pode-se citar o Programa de Desenvolvimento Local e Sustentável, uma parceria da Sudene com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) que tem uma metodologia baseada no desenvolvimento local sustentável, identificando as potencialidades de cada município e investindo em experiências bem sucedidas de geração de emprego e renda.

A busca de soluções baseadas em modelos descentralizados de geração de energia elétrica para comunidades remotas, encontra aplicação tanto no Nordeste brasileiro como em outras regiões do Brasil (Amazônia, por exemplo). Para uma dada localidade, uma solução ótima pode ser buscada a partir da combinação de geração de energia elétrica com fontes convencionais (grupo gerador com motor diesel), fontes renováveis de energia (energia eólica, por exemplo) e ainda independentes. A ponderação de uso de diferentes fontes dependerá das condições locais de potencial de vento. Esta alternativa poderá garantir um suprimento mínimo sustentável e confiável para uso doméstico e para produção local.

A avaliação econômica da composição de várias formas de energia é um exercício aplicado de planejamento econômico. Este tipo de análise, proporciona a escolha ótima sob o aspecto econômico a ser empregado em dado cenário. Porém busca-se na atualidade uma nova forma de estabelecer estratégias de geração ótimas, que levem em conta fatores mais abrangentes que considere variável ambiental e social da sustentabilidade. Estratégias de avaliação da sustentabilidade de fontes de energia vem sendo abordadas recentemente na literatura. Diversos trabalhos recentes apresentam metodologias de seleção de alternativas em comunidades remotas, com base em análises integradas. Afgan et al. (2000) e Afgan et al. (1998) propõem uma metodologia para avaliação de sistemas de geração de energia elétrica baseadas em indicadores de sustentabilidade. Tal metodologia é particularmente interessante visto que a seleção de sistemas é abordada de forma integrada, considerando fatores sociais, econômicos e ambientais. Sob o aspecto específico da sustentabilidade social, Capata et al. (1996) avalia uma metodologia para a quantificação de indicadores para uso de energia. Esta mesma temática é discutida no artigo de Orecchini et al. (2000). A discussão de uso sustentável de fontes híbridas em comunidades isoladas é um tema abordado nos artigos de Isherwood et al. (2000), Hanley et al. (1999) ou Nayar (1995), para regiões remotas do Alaska, Escócia e Austrália, respectivamente. Estes estudos de caso apresentam um importante paralelo com o estudo desenvolvido no presente trabalho.

O objetivo do presente trabalho concentra-se em apresentar uma metodologia para avaliar a influência da geração de energia elétrica, baseado em indicadores de sustentabilidade. Busca-se atender a demanda de eletricidade através da energia eólica, e o reflexo desse suprimento na comunidade remota (ou isolada na região Nordeste do Brasil).

## **2. COMUNIDADES REMOTAS NO NORDESTE BRASILEIRO**

O conceito de comunidades remotas assumidas aqui considera um assentamento humano de baixa densidade populacional, com restrições ao uso de fontes de energia convencionais (sem acesso a linhas de energia com geração centralizada, com infra-estrutura urbana deficiente, com baixo nível de densidade econômica, com difícil acesso e distantes de mercados consumidores (Hanley et al. (1999)). Evidentemente esses parâmetros são poucos específicos para uma caracterização precisa de uma comunidade remota. Esta é uma definição aberta que no entanto torna-se operacional quando a comunidade deve ser encaixada em um planejamento de disponibilização de energia. Em geral, comunidades remotas não viabilizam implantações de

sistemas de provimento de energia elétrica no senso econômico estrito, utilizando unicamente como parâmetros de análise investimento, demanda e receita).

O problema de disponibilização da energia para tais comunidades é sempre um ponto crítico na implantação de infra-estrutura mínima para a população isolada. Políticas públicas municipais em geral privilegiam investimentos de infra-estrutura na cidade sede do município. O problema da geração de energia em outras comunidades menores é sempre penalizado visto o baixo retorno de investimento e pela dificuldade de cobrança do uso de energia. A ótica da viabilidade deve ser enfocada com base em parâmetros mais amplos, visando a promoção do desenvolvimento sustentável local.

Grande parte das comunidades remotas caracteriza-se por serem composta por comunidades tradicionais ou serem frutos da política nacional da reforma agrária. Em geral, a sustentação baseia-se em uma agricultura de subsistência, associada a uma atividade produtiva adicional como a pesca (peixe, camarão, caranguejo, etc.) ou produção de farinha, castanha ou frutos regionais. A comercialização da produção local envolve uma séria de níveis atravessadores que penalizam o preço do produto *in natura*. O extrativismo é penalizado tanto pela condição de acessibilidade do local de produção, quanto pela falta de oportunidades de agregar valor ao produto através de processos de transformação em subprodutos mais rentáveis.

### **3. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA GERAÇÃO DE ENERGIA**

#### **3.1 Sustentabilidade Social**

O papel social da disponibilidade de energia elétrica em pequenas comunidades está intimamente associado aos indicadores de qualidade de vida locais. Esta premissa, embora seja a chave do presente artigo, estabelece uma pequena reflexão inicial antagônica sobre as diferentes visões sobre o papel social da energia.

Tomando como primeiro ponto de análise uma visão mais ortodoxa do problema, pode-se considerar que o uso da energia cria um somente um novo fator de dependência para a comunidade local, estabelecendo um consumo induzido não necessário para os padrões socioculturais de qualidade de vida. Neste sentido, esta primeira análise pode induzir à conclusão que comunidades remotas não precisam de energia elétrica, pois as mesmas se estabeleceram sem ela, dentro de padrão local de qualidade de vida. A disponibilidade de energia quebraria um equilíbrio local, induzindo a população a novos padrões de consumo, principalmente pela disponibilização da informação pela televisão. Estabelece-se uma linha emblemática lógica *Energia* → *TV* → *Migração*, onde a migração seria induzida pelas novas necessidades de consumo. Esta é uma discussão que não apresenta uma conclusão acadêmica única.

De fato, as comunidades remotas, mesmo que bem distantes, não são socialmente isoladas e o imaginário de um novo padrão de consumo já foi bem difundido por processo de repasse da informação via indivíduo a indivíduo. A necessidade da energia elétrica e do acesso à informação (a ser dinamizado pela televisão) já está permeada em grande parte do nordeste brasileiro, que o diga as rádios populares e o consumo de pilhas.

Certamente a disponibilidade de energia não melhora diretamente os indicadores de qualidade de vida em comunidades remotas tanto em subúrbios de cidades nordestinas. Em bairros da periferia, devido às necessidades de consumo já estabelecidas, a energia de uso doméstica é estritamente necessária. A população urbana apresenta uma forte dependência do suprimento de energia elétrica para garantir padrões mínimos de qualidade de vida. Para comunidades remotas, o acesso à energia deve ser garantido com base no anseio da comunidade local, seja para a dinamização de sua produção seja para sua alienação ou sonho do eldorado junto a um aparelho de TV.

Sobre o ponto de vista do desenvolvimento sustentável o principal ponto positivo da disponibilidade de energia está relacionado com a possibilidade de estabelecimento de políticas de fixação local. A melhoria da qualidade de vida através dos incrementos dos fatores renda, educação

e saúde podem ser viabilizada. Se políticas de implantação de unidades geradoras de energia elétrica estiverem associadas à implantação de políticas mais amplas, visando o desenvolvimento sustentável local, o processo *Energia*→*TV*→*Migração* torna-se secundário.

A mensuração de indicadores social de sustentabilidade em uma comunidade, pode ser aferida pelas condições de qualidade de vida da população considerando indicadores de educação, saúde e emprego. A tabela (1) apresenta o conjunto de indicadores considerados neste trabalho. O aporte de energia para a comunidade eventualmente pode estabelecer variações negativas ou positivas para cada um dos indicadores. No que diz respeito ao planejamento energético, essa variação pode indicar benefícios sociais diretos proporcionados pela energia. Variações indiretas sobre os indicadores podem ser causadas pelo aspecto cinérgico entre a disponibilidade de energia e uma ação social implantada. Por exemplo, com o suprimento de eletricidade pode-se instalar um refrigerador no posto de saúde local, estocando assim medicamentos de emergência (soros e vacinas). Isto pode salvar vidas através de atendimentos de primeiros socorros em emergências médicas. Isto será refletido positivamente nos indicadores de saúde.

Tabela 1. Indicadores Sociais

Nome		Definição
<b>Educação</b>		
IS1	Educação Fundamental	Crianças na escola fundamental
IS2	Educação Profissional	Formação profissional de jovens
IS3	Educação Adulta	Índice de alfabetização
<b>Saúde</b>		
IS4	Doenças Endêmicas	Ocorrências de doenças
IS5	Mortalidade Infantil	Número de óbitos até o 1ano de vida
IS6	Atendimento de Saúde	Número de agentes de saúde treinados
IS7	Saneamento Básico	Casas com água e esgoto (fossa)
IS8	Expectativa de Vida	Expectativa de vida média da população
<b>Emprego</b>		
IS9	Indicador de Emprego	Número de empregos
<b>Demografia</b>		
IS10	Crescimento Populacional	Taxa de crescimento populacional
IS11	Emigração	Taxa de emigração
<b>Outros</b>		
IS12	Indicadores Adicionais	Fatores considerados pela comunidade

Algumas observações sobre os indicadores sociais utilizados são pertinentes:

#### Observações:

- Todos os indicadores são normalizados para apresentarem valores entre 0 e 1. Considera-se um indicador positivo aquele com valor 1;
- Os indicadores normalizados que são contrários à tendência, ou seja, se o seu aumento indicar maior insustentabilidade, esses serão subtraídos de 1. Entre eles o IS4, IS5, IS10, IS11, e tantos mais que indicarem essa inversão de idéias;
- A mensuração dos indicadores apresentados na tabela (1) em comunidades remotas pode representar um esforço muito grande visto a falta de estatísticas locais;
- Os indicadores de educação (IS1-IS3) são definidos em valores relativos à faixa da população a ser escolarizada, i.e., IS1 está associado às crianças em idade escolar, IS2 aos jovens na faixa de 15-30 anos e IS3 aos adultos alfabetizados com idade a partir de 15 anos;
- Os indicadores de saúde devem refletir parâmetros estabelecidos pela OMS. Doenças endêmicas ou outros problemas de saúde locais (problemas de saúde por picada de cobra por exemplo), podem gerar sub-indicadores que juntos comporão o valor de IS4;

- Outros indicadores podem ser utilizados, considerando aspectos socioculturais específicos de uma dada comunidade. Isto deve ser definido em processos de consulta local.

A normalização dos indicadores apresentados na tabela (1) é efetuada a partir da utilização de uma banda de variação máxima admissível do indicador. Desta maneira, para um indicador qualquer:

$$IS_i = \frac{IS_i - IS_{i_{\min}}}{IS_{i_{\max}} - IS_{i_{\min}}} \quad (1)$$

Nesta equação  $IS_i$  é o indicador normalizado (compreendido entre 0 e 1, com valor desfavorável 0),  $IS_i$  o indicador não normalizado e  $IS_{i_{\min}}$  e  $IS_{i_{\max}}$  valores que estabelecem a banda de variação máxima admissível. Limitadores são utilizados para manter o indicador normalizado na banda unitária, de maneira que {se  $IS_i < 0$ ;  $IS_i = 0$ } ou {se  $IS_i > 1$ ;  $IS_i = 1$ }. Os valores da banda para cada indicador social, proposto pelo presente trabalho, são apresentados na tabela (2).

O indicador de sustentabilidade social é proposto, considerando uma agregação ponderada dos diferentes indicadora  $IS_i$ , na forma:

$$IS = \frac{\sum_{i=1}^{12} W_i \cdot IS_i}{\sum_{i=1}^{12} W_i} \quad (2)$$

$W_i$  são pesos que consideram o nível de relevância do indicador na composição do índice final. Estes pesos podem assumir os seguintes valores, considerando a relevância do indicador para a sustentabilidade social local:

$$W_i = \begin{cases} 0, & \text{Irrelevante;} \\ 1, & \text{Pouco relevante;} \\ 2, & \text{Relevância moderada; ou} \\ 3 & \text{Relevante.} \end{cases} \quad (3)$$

Novamente  $IS$  encontra-se compreendido no intervalo unitário. O peso para cada indicador social é também apresentado na tabela 2.

Tabela 2. Pesos e faixas para Indicadores Sociais

Nome	IS <sub>min</sub>	IS <sub>max</sub>	W <sub>s</sub>
Educação Primária	0%	100%	3
Educação Profissional	0%	100%	2
Analfabetismo	0%	100%	2
Doenças Endêmicas	10/1000	100/1000	2
Mortalidade Infantil	1/1000	10/1000	3
Atendimento de Saúde	1/1000	3/1000	1
Saneamento Básico	0%	100%	3
Expectativa de Vida	50 anos	90 anos	1
Indicador de Emprego	50%	100%	3
Crescimento Populacional	0,5% aa	2% aa	1
Emigração	0%	0,5% aa	2
Indicadores Adicionais	-	-	-

O conjunto de indicadores sociais utilizados aqui é importante para identificar uma demanda mínima a ser suprida para que níveis de qualidade de vida locais desejáveis, sejam atingidos. Os indicadores sociais delimitam portanto, metas a serem atendidas dentro de um contexto de planejamento energético. A viabilidade econômica como único fator de decisão começa a perder o sentido. A matriz energética instalada no local será considerada na avaliação dos indicadores econômicos e ambientais.

Com base nesta avaliação técnica preliminar, valores de demanda mínima e projetada podem ser estabelecidos. Valores necessários para consumo de eletricidade doméstico, comunitário (posto de saúde, escola, etc.) e em processos produtivos, são definidos na figura (1).

Considerando valores de mercado para o kW.h e desenvolvendo-se uma projeção da melhoria dos indicadores sociais com a disponibilidade de energia, pode-se estabelecer uma estimativa econômica do acréscimo de condições sociais favoráveis que podem ser proporcionadas pelo processo de geração de energia.

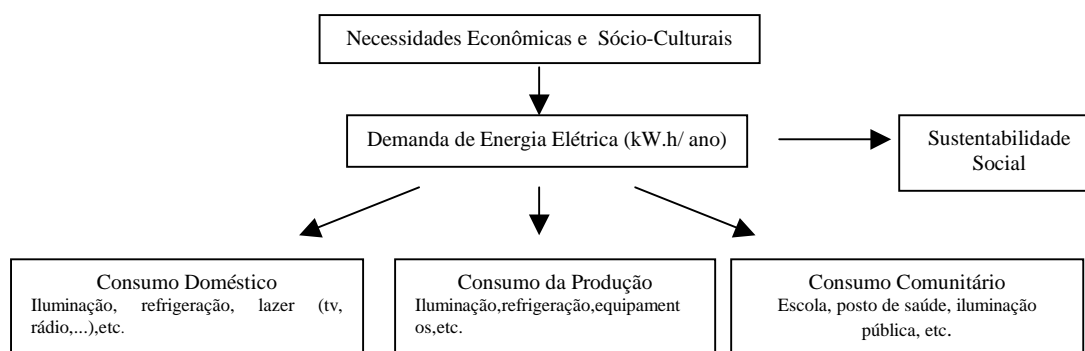


Figura 1. Demanda de Energia Elétrica

### 3.2 Sustentabilidade Ambiental

A sustentabilidade ambiental de operação de unidades geradoras de energia elétrica está associada a uma estimativa de emissões (resíduos sólidos, poluição do ar e da água) em face da capacidade de suporte do ecossistema no qual a mesma está instalada. Portanto, os indicadores ambientais decorrentes do processo do uso de um sistema de geração de energia devem refletir os impactos ambientais diretos e indiretos deste empreendimento. Afgan et al.(2000) propõe um conjunto de indicadores que refletem o impacto ambiental causado pelas emissões associadas ao processo de geração e pela manufatura e instalação do sistema. Estes indicadores serão utilizados neste trabalho, adicionando-se porém alguns indicadores extras relevantes sobre o impacto ambiental sobre ecossistemas nordestinos. O conjunto de indicadores utilizados no presente trabalho é apresentado na tabela (3). Os indicadores propostos são normalizados pela energia em uma base de tempo.

Observa-se que os indicadores propostos, em conjunto com os indicadores econômicos, avaliam de maneira ampla o sistema de geração que será utilizado, neste caso o sistema de geração eólico. Os indicadores ambientais IA2-IA7 podem ser transformados em valores econômicos, estabelecendo valores de custo ambiental associado ao potencial energético gerado. Isto vem sendo feito para sistemas de geração diesel e eólico (Isherwood et al. (2000)) e fotovoltaico (Olivier & Jackson (2000)). Esta avaliação de custos ambientais associados ao processo de geração, induz a uma ótica de esclarecimento de parâmetros fracos para a sustentabilidade (ver tabela 4). A principal vantagem desta abordagem é a possibilidade de internalizar os custos ambientais no balanço econômico do projeto de geração, que é feito a partir de uma avaliação integrada de fatores econômicos e ambientais. Uma avaliação geral de impactos ambientais para energia eólica pode ser estabelecida. O custo ambiental de sistemas eólicos talvez seja o menos importante dentre os sistemas analisados neste trabalho. Estes custos devem refletir o valor agregado na manufatura, a

área desmatada para instalação dos geradores eólicos e, eventualmente, uma valoração do impacto da poluição visual – Hanley & Nevin (1999).

Tabela 3. Indicadores Ambientais

	<b>Nome</b>	<b>Definição</b>	<b>Unidade</b>
IA1	Uso de combustível	Volume de combustível utilizado	l/KW*h
IA2	Uso do aço	Peso de aço no sistema	kg/KW*h
IA3	Uso do cobre	Peso de cobre no sistema	kg/KW*h
IA4	Uso de alumínio	Peso de alumínio no sistema	kg/KW*h
IA5	Emissões de CO <sub>2</sub>	Emissão de dióxido de carbono	kg/KW*h
IA6	Emissões de SO <sub>2</sub>	Emissão de enxofre	kg/KW*h
IA7	Emissões de NO <sub>2</sub>	Emissão de óxidos de nitrogênio	kg/KW*h
IA8	Resíduos	Resíduos sólidos ou líquidos	kg/KW*h
IA9	Risco de derramamento	Risco de contaminação de óleo	0-1/KW*h
IA10	Aumento de desmatamento	Área desmatada induzida	há/KW*h

No presente trabalho, utiliza-se uma estimativa de custo ambiental associado à manufatura de sistemas, considerando o peso dos materiais utilizados nos equipamentos:

Tabela 4. Estimativas de custo ambiental

<b>Geração</b>	<b>Custo Ambiental</b>	
	<b>Manufatura</b>	<b>Operacional</b>
Eólico	2000 R\$/KW	0

### 3.3 Sustentabilidade Econômica

Os últimos conjuntos de indicadores são estabelecidos considerando valores de investimentos e custos operacionais do sistema de geração a ser implantado. Considera-se ainda o indicador de indução ao aumento do PIB local. Este último indicador estabelece a influência direta da instalação do sistema eólico de geração de energia elétrica na dinâmica econômica local. O conjunto de indicadores econômicos é apresentado na tabela 5.

Tabela 5. Indicadores econômicos

	<b>Nome</b>	<b>Definição</b>	<b>Unidade</b>
IE1	Investimento	Investimento total do projeto	R\$
IE2	Custo Operacional	Custos operacionais de geração	R\$/KW*h
IE3	Varição do PIB	Taxa de variação do PIB local	R\$/ano

Os indicadores IE1 e IE2 serão diretamente utilizados na avaliação fraca de sustentabilidade do projeto. Com base na vida útil dos equipamentos utilizados, pode-se calcular o custo do investimento por kW\* h gerado. A avaliação dos indicadores IE1 e IE2, custos de manutenção e de investimento para o sistema eólico estão propostos na tabela 6.

Tabela 6. Estimativas de custo

<b>Geração</b>	<b>Investimento</b>	<b>Manutenção</b>	<b>Vida (anos)</b>
Eólico	5555 R\$/kW.h	0.43 R\$/kW.h	10

O custo total associado ao processo de geração eólica pode ser calculado pela composição de valores econômicos e ambientais na forma:

$$C_T = (C_0 \left( \frac{r}{1 - (1+r)^t} \right) + C_a) / E_a \quad (4)$$

Nesta equação  $C_t$  é o custo da energia em R\$/kW.h,  $C_o$  é o valor total de investimento da planta, considerando também custo ambiental agregado à manufatura do equipamento,  $r$  é a taxa de desconto do investimento e  $t$  a vida útil do mesmo.  $C_a$  é o custo anual de operação, manutenção e associado aos impactos ambientais da geração.  $E_a$  é a energia gerada em um ano.

#### 4. ESTUDO DE CASO

Para exemplificar, caracterizamos uma comunidade fictícia com 480 habitantes, 150 casas, com um posto de saúde, uma escola e um centro comunitário com demandas de eletricidade especificada na tabela (7).

Tabela 7. Equipamentos Necessários a Cada Setor

<b>Equipamentos</b>	<b>Uso Doméstico</b>	<b>Centro Comunitário</b>	<b>Escola</b>	<b>Posto de Saúde</b>
TV em cores 14 pol	30			
Rádio	150			
geladeira 2 portas				1
geladeira 1 porta			1	
Freezer vertical ou horizontal		2		
Geladeiras domésticas	45			
Lâmpada fluorescente	300	30	10	5

Assim, para este cenário, a demanda energética dessa comunidade é de 44,4 kW.h, estipulando um uso médio de 6 horas por dia, 7 dias por semana e 4 semanas por mês. Tendo a base de cálculo para os potenciais de energia com referência anual de 365 dias. Para efeitos econômicos, a taxa de desconto do investimento é de 10% ao ano. Pela metodologia abordada, temos os seguintes resultados da avaliação econômica apresentados na tabela (8).

Tabela 8. Indicadores Econômicos

<b>Indicadores Econômicos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
IE1 Investimento	250.000,00	R\$
IE2 Custo operacional	38.395,49	R\$
IE3 Variação do PIB	60	%

O indicador IE1 mostra, como definido, o capital para a compra dos geradores eólicos (valores encontrados em páginas de fornecedores na internet). O IE2 apresenta o custo operacional no que diz respeito unicamente à manutenção (valor obtido El Kordy (2001)), uma vez se tratando de energia eólica. E por último um indicador da variação da produção devido a disponibilização de energia, onde se aumenta o ganho através do congelamento dos produtos pesqueiros entre outras vantagens obtidas nos processos produtivos (de acordo com o cenário adotado).



Para a avaliação social (ver tabela (9)), onde pelo cenário, apresenta-se à situação dos indicadores normalizados numa estimativa sem energia e com energia elétrica. Em seguida, na tabela (10) mostramos a diferença entre os indicadores sociais nestas duas posições.

Tabela 9. Indicadores Sociais

	Sem Energia		Com Energia	
	Valor do Isi (estimado)	Valor dos Isi (cal/norm)	Valor do Isi (estimado)	Valor dos Isi (cal/norm)
Is1	1	1,00	1	1,00
Is2	0,4	0,40	0,8	0,80
Is3	0,4	0,40	0,4	0,40
Is4	0,07	0,33	0,02	0,89
Is5	0,002	0,89	0,001	1,00
Is6	0,002	0,50	0,004	1,00
Is7	0,3	0,30	0,4	0,40
Is8	60	0,25	60	0,25
Is9	0,6	0,20	0,75	0,50
Is10	0,01	0,67	0,01	0,67
Is11	0,003	0,40	0,002	0,60
Is12	-	-	-	-

Tabela 10. Valor do Indicador Social para os Casos

Valor do Ind. de Sust. Social	Valor do Ind. de Sust. Social
0,50	0,72

Os resultados acima mostram a influência da energia elétrica na melhora do indicador social. No cenário adotado, considera-se apenas o que a energia melhora diretamente na comunidade, como a possibilidade de estocar medicamentos que necessitem de refrigeração, melhorando o respectivo indicador. Outras melhoras diretas também foram consideradas em seus respectivos indicadores. Os valores dos indicadores foram baseados em um ano de funcionamento do sistema de energia, desconsiderando ações políticas no que diz respeito, por exemplo, ao envio de outro funcionário de saúde entre outras.

Por fim os indicadores ambientais e suas valorações são mostrados na tabela (11).

Tabela 11. Indicadores Ambientais

	Indicadores Ambientais	Valor	Unidades
IA1	Uso do Combustível	0	litros/kWh
IA2	Uso do Aço	0	kg/kWh
IA3	Uso do Cobre	0	kg/kWh
IA4	Uso do Alumínio	0,01173	kg/kWh
IA5	Emissões de CO2	0,0186	kg/kWh
IA6	Emissões de SO2	0,000019575	kg/kWh
IA7	Emissões de NOx	0,00006276	kg/kWh
IA8	Resíduos	0	kg/kWh
IA9	Risco de Derramamento	0	0-1/kWh
IA10	Aumento do Desmatamento	0	ha/kWh

Os valores acima para os indicadores foram extraídos do El Kordy (2001), onde é considerada apenas a emissão causada no processo de produção desses equipamentos, uma vez que no estágio de operação os moinhos eólicos não emitem poluentes.

## 5. REFERÊNCIAS

- Afgan, N.H., Al Gobaisi, D., Carvalho, M., 1998, "Sustainable Energy Development", *Renewable and Sustainable Energy Review*, 2, 235-286.
- Afgan, N.H., Carvalho, M. G., Homanov, N. V., 2000, "Energy System Assessment with Sustainability Indicators", *Energy Policy*, 28, 603-612.
- Capata, R., Naso, V., Orecchini, F., 2000, "Social Impacts of Energy Systems", *Renewable and Sustainable Energy Review*, 1, 1291-1294.
- Hanley, N., Nevin, C., 1999, "Appraising Renewable Energy Developments in Remote Communities: the Case of North Assynt Estate", *Scotland Energy Policy*, 27, 527-547.
- Isherwood, W., Smith, J. R., Aceves, S. M., Berry, G., Clark, W., Johnson, R., Das, D., Goering, D., Sifert, R., 2000, "Remote Power Systems with Advanced Storage Technologies for Alaskan Villages", *Energy*, 25, 1005-1020.
- El-Kordy, M. N., Badr, M. A., Abed, K. A., Ibrahim, S. M. A., 2001, "Economical Evaluation of Electricity Generation Considering Externalities", *Renewable Energy*, 25, 317-328.
- Olivier, M., Jackson, T., 2000, "Evolution of Economic and Environmental Cost for Crystalline Silicon Photovoltaics", *Energy Policy*, 28, 1011-1021.
- Nayar, C. V., 1995, "Recent Developments in Decentralised Mini-grid Diesel Power Systems in Australia", *Appl. Energy*, 52, 229-242.
- Orecchini, F., Micangeli, A., Pollini, I., Santiangeli, A., Del Campo, L., Zucari, F., 2000, "Comparison between SIMEA and SEMECA methods for Social Impact Analysis of Energy Systems", *Proc of Clean Air 2000 conference*, in CDROM.

## 6. DIREITOS AUTORAIS

### SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF ALTERNATIVE ENERGY SYSTEMS IMPLEMENTED IN AN ISOLATED COMMUNITY

**Marcelo R. Athayde,**

**José Silvério L. Martins Filho e**

**Antônio C. P. Brasil Junior**

Universidade de Brasília,

Departamento de Engenharia Mecânica, 70910-900

Brasília. DF. e-mail: [brasil@enm.unb.br](mailto:brasil@enm.unb.br)

***Abstract.** The supply of electric power in remote communities of the northeast area of Brazil is a current discussion associated to the warranty human establishments sustainability. This is a problem that presents strategy of energy planning what is not conventional, that should be based on the optics of the small communities' sustainability. This paper presents a methodology to evaluate the application of energy in remote communities. The study bases on a construction of group of sustainability indicators that will show the implantation` reflex of an energy wind system in that community type.*

***Keywords:** Renewable Sources of Energy. Sustainability Indicators. Remote Communities.*