

# USO DE PEQUENOS GASEIFICADORES PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA E BOMBEAMENTO D'ÁGUA EM LOCALIDADES REMOTAS

MÁRIO SERGIO CASSOLI DIAS

Solarterra Engenharia e Serviços Ltda.  
Gerente Geral

Rua Dr. Tomás Carvalhal, 728-312 São Paulo – SP

tel: (11) 3887-6395 home: [www.solarterra.com.br](http://www.solarterra.com.br) email: [info@solarterra.com.br](mailto:info@solarterra.com.br)

## Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar e ressaltar os aspectos competitivos e benefícios técnicos da utilização de pequenos gaseificadores para projetos de eletrificação rural e bombeamento d'água para irrigação. Até muito recentemente gaseificadores de pequeno porte ainda encontravam-se em estágio de protótipos em instalações pilotos. Hoje já é possível encontrar modelos maduros comercialmente, já exaustivamente testados em campo e com ótimo desempenho e confiabilidade. O foco deste trabalho será na exposição destes gaseificadores em estágio comercial, que acoplados em geradores elétricos tem potência útil de até 10kWe, e que quando acoplados com bombas possuem potência mecânica útil de até 10HP.

O uso de gaseificadores de pequeno porte pode ser uma alternativa viável para substituição de grande número de geradores à diesel, disseminados em larga escala na região Norte do Brasil como opção de suprimento de energia e também acionamento de bombas d'água. Ainda que não seja objeto deste trabalho a abordagem de gaseificadores de maior porte, até 500kWe, vale ressaltar que eles também podem ser uma solução interessante para eletrificação rural de maior porte. Suas características gerais, entretanto, recomendam sua aplicação para usos com perfil mais industrial., como por exemplo pequenas serrarias, processadores de frutas e borracha. Tais gaseificadores ainda possuem grande potencial de aplicação para processos que requerem energia térmica, como por exemplo indústrias cerâmicas. Gaseificadores de ainda maior porte necessitam ainda de aperfeiçoamentos técnicos mais complexos uma vez que a distribuição da biomassa dentro do reator não ocorre de maneira homogênea comprometendo severamente a eficiência de conversão da biomassa em gás combustível.

## Abstract

The purpose of this paper is to present and stress competitiveness aspects and technical benefits of using small gasifiers for projects of rural electrification and water pumping for irrigation. Until few years ago such range of machines were in prototype stage at some pilot and demonstration projects. Today is already possible to find mature off the shelf models available in the market. They have been passed for long run tests in field and have reached high performance ratio and reliability. The paper will be focused on gasifiers coupled to electrical generators with net output power up to 10kWe and gasifiers coupled to pumps with net mechanical output up to 10 HP.

The employment of small gasifiers can be a viable alternative for replacement of large number of diesel generators, widely disseminated across the North region in Brazil as option for energy supply and also water pumping. Larger gasifiers, up to 500kWe, will be not be covered in this paper but it should highlighted its feasibility for large electrification projects, though its technical properties make them

more adequated for projects with industrial profile, like small wood processors, fruit processors and rubber processors. In other hand such large gasifiers have high potential for application where thermal energy is required, like in ceramic plants. Even larger gasifiers are in a stage where complex work must be done in order to overcome typical problems of heterogeneous feedstock distribution inside the reactor what severely affects the rate of conversion from solid fuel to gaseous mixture.

## **Biomassa no Brasil**

O uso de biomassa como fonte de energia é extremamente relevante dentro da matriz energética brasileira, contribuindo com 24,5% de toda a energia gerada, segundo dados do Balanço Energético do ano de 2003. Isto equivale à 48,52 milhões de toneladas de petróleo. Estes dados incluem todo o aproveitamento energético da biomassa, seja ele para geração de energia térmica (carvão vegetal, lenha, resíduos, etc...) ou para geração de energia elétrica, este último por processos diretos ou através de cogeração. Está incluída ainda toda a energia equivalente usada como combustível líquido proveniente da cana de açúcar para emprego em veículos.

Falando especificamente em termos de conversão energética a partir da biomassa para geração de energia elétrica encontramos como resultado números mais modestos. Segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil de 2002, elaborado pela Aneel, todo o parque de biomassa instalado no Brasil alcança uma potência de 1.540 MW. Isto representa pouco mais de 1,8% de toda a potência instalada no Brasil.

Quase a totalidade da energia elétrica proveniente de biomassa está instalada em plantas de cogeração, isto é, em unidades industriais que utilizam algum rejeito de biomassa de seus processos para emprego na geração de energia elétrica e também energia térmica de processo. É o que ocorre, por exemplo, em usinas de açúcar e álcool (bagaço de cana) e fábricas de papel e celulose (líquor negro). Existem ainda exemplos de madeiras e empresas de beneficiamento de arroz, respectivamente usando sobras de madeira e casca de arroz para geração de energia elétrica.

Estima-se que seja possível ampliar o parque de geração a partir de biomassa para algo em torno de 3.851MW de potência contando apenas com a ampliação e modernização das plantas do setor sucro-alcooleiro.

No caso particular deste trabalho estaremos convergindo as atenções para pequenos aproveitamentos pontuais de energia (elétrica e mecânica) proveniente da biomassa. São casos de vilarejos e comunidades totalmente afastadas da rede elétrica convencional, e que hoje muito provavelmente só fazem uso da biomassa para suas necessidades mais elementares, como a alimentação de seus fogões à lenha. A possibilidade de utilizar a biomassa *in-natura* existente em suas regiões, ou então a criação de mecanismos para plantio sustentável de espécies de biomassa adequadas para uso em gaseificadores, tornará possível extrair energia elétrica ou energia mecânica para outras atividades dentro destas comunidades, incentivando o seu desenvolvimento sócio-econômico em bases sustentáveis.

## **Alternativas Tecnológicas de Aproveitamento Energético da Biomassa**

Apenas uma pequena parcela da energia fornecida pela biomassa no Brasil é utilizada para geração de energia elétrica. O volume mais expressivo da biomassa gerada no Brasil é consumida em meios tradicionais de queima, trazendo como resultado energia térmica para algum tipo de finalidade específica.

O aproveitamento elétrico da biomassa é normalmente feito queimando-se diretamente o material orgânico que produz calor para alimentar um ciclo a vapor (caldeira + turbina à vapor), e este por sua

vez irá gerar energia mecânica necessária para acionar um gerador elétrico. Este é o modelo tradicional encontrado em praticamente todos os projetos de biomassa no Brasil e no mundo. Dependendo das pressões utilizadas na caldeira é possível alcançar eficiências de conversão térmica-elétrica de até 13% (Rankine + Brayton).

Este tipo de tecnologia é plenamente dominado pela indústria brasileira. Todos os componentes de um sistema típico são fabricados localmente e o grau de confiabilidade dos sistemas é bastante aceitável. A pergunta é saber se tais sistemas poderiam ser utilizados em menor escala para geração localizada de energia em locais sem acesso à energia elétrica. A resposta seria provavelmente negativa. Embora do ponto de vista conceitual fosse plenamente possível construir pequenas unidades de geração usando o ciclo vapor + turbina é certo que o custo dos equipamentos seria totalmente inviável. Para uso de sistemas com estas características em locais afastados seria necessário partir de equipamentos padronizados da indústria. As menores turbinas à vapor encontradas no mercado são modelos de 50-60kW e operam neste regime com eficiência extremamente baixa (<20%). Caldeiras pode-se dizer são equipamentos de prateleira mas sob o aspecto operacional é improvável que tenham vida útil superior a poucos anos já que precisam operar com água tratada o que dificilmente iria ocorrer em um vilarejo afastado.

Uma outra possibilidade tecnológica seria fazer o aproveitamento direto da queima da biomassa em alguma máquina alternativa de combustão externa, conhecidas como máquinas tipo Stirling. Tais dispositivos operam pelo princípio de expansão de um gás confinado em um invólucro selado com um êmbolo e uma biela. Com o advento das máquinas de combustão interna foram praticamente abandonadas como máquinas de conversão térmica-mecânica. Mais recentemente ressurgiu o interesse por esta tecnologia para uso em projetos com biomassa, porém seu grande impecilho é que a eficiência neste regime de funcionamento seria da ordem de apenas 5-10%. Com esta eficiência seria necessário queimar entre 3 e 6 vezes a mesma quantidade de biomassa para obter um rendimento equivalente a de um sistema movido por gaseificador. Existem linhas de pesquisa que defendem o uso de máquinas Stirling acopladas com gaseificadores, pois com o aumento da eficiência da queima poderia-se alcançar valores de eficiência final do conjunto da ordem de até 17%. A grande barreira tecnológica neste caso é o desenvolvimento de máquinas Stirling mais competitivas do que os motores à diesel modificados que vem sendo utilizados hoje com gaseificadores.

Dentre todas as tecnologias de biomassa disponíveis comercialmente aquela que mais se enquadra para geração descentralizada de energia em pequena escala é sem dúvida a de gaseificadores com motores diesel modificados, mesmo considerando os cuidados específicos a serem tomados para seu perfeito funcionamento em função do tipo de biomassa que a alimenta. A taxa de conversão de biomassa em gás pode chegar até 85% e o rendimento final do sistema (térmico-elétrico) pode alcançar valores próximos de 30%.

## **Gaseificadores**

### **1. Descrição**

Gaseificação de biomassa é basicamente a conversão de combustíveis sólidos (madeira, rejeitos de agricultura, etc...) em uma mistura gasosa combustível, popularmente conhecida por gás de baixo poder calorífico. O processo de gaseificação é definido como uma combustão parcial da biomassa. A combustão parcial ocorre quando o ar, ou mais precisamente o oxigênio, está em quantidade inferior ao que seria necessário para uma queima completa da biomassa. Em uma combustão completa, dado que a biomassa contém moléculas de carbono, hidrogênio e oxigênio, teria-se como produto dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e vapor de água ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Já em uma combustão parcial produz-se monóxido de carbono (CO) e hidrogênio ( $\text{H}_2$ ), que são ambos combustíveis. Em princípio qualquer tipo de biomassa pode ser convertida em combustível gasoso usando este processo.

O gaseificador é essencialmente um reator químico onde ocorrem várias reações químicas e físicas. Dentro do reator a biomassa perde umidade, aquece, sofre pirólise, oxida e se reduz por toda a extensão do reator até que chega ao final como uma mistura combustível gasosa. Em linhas gerais as quatro reações típicas que ocorrem dentro do reator são: secagem da biomassa, pirólise, combustão e redução. Embora existam zonas onde mais de uma reação ocorra pode-se dizer que dentro do reator existem regiões bem definidas para cada uma das reações mencionadas.

Do ponto de vista construtivo existem basicamente 4 tipos de gaseificadores: os de contracorrente, os concorrentes (*downdraft*), os de fluxo reverso e os de leito fluidizado. O último é uma espécie de combinação dos 3 primeiros. Gaseificadores de pequeno porte utilizam normalmente a tecnologia concorrente, sendo que as demais são mais empregadas para gaseificadores de maior porte.

Para converter o gás em energia elétrica ou mecânica são necessários outros componentes, que juntamente com o gaseificador, irão constituir um sistema de energia. O motor de combustão interna é uma das peças chaves do processo. Atualmente utilizam-se motores diesel modificados que podem operar em ciclo combinado ou 100% à gás. No ciclo combinado é necessário queimar o gás dentro do motor na presença de um pouco de diesel, na proporção de até 30% do volume total de combustível injetado dentro da câmara de explosão. O diesel cumpre o papel de ignitor da queima e funciona como se fosse a vela de um motor ciclo Otto, que é o ciclo adequado para operação com gás. A outra possibilidade é a de uso de motores diesel também modificados mas que dispensam a adição de diesel. Neste caso o motor irá trabalhar apenas com o gás gerado pelo gaseificador.

O uso de motores diesel modificados acabou sendo uma forma de contornar a indisponibilidade de motores de pequena capacidade projetados para operar exclusivamente com gás. Motores à gás são oferecidos apenas para potências superiores à 50kWe, e seu custo é muitas vezes superior ao de motores tipo diesel facilmente encontrados no Brasil para quaisquer faixas de potência.

Os outros componentes do sistema de gaseificação para geração de energia são filtros para purificação do gás (material particulado e alcatrão), sopradores e radiadores.

Segue abaixo uma ilustração de um gaseificador tipo *downdraft* (concorrente) fabricado pela empresa indiana Ascent.



Gaseificadores como o apresentado acima são fornecidos completos e possuem muitos de seus componentes padronizados para facilidade de montagem, operação e manutenção. Neste exemplo em particular temos um sistema completo para geração de energia elétrica operando no modo 100% gás (sem adição de diesel) com potência elétrica líquida de 7kWe. Da mesma forma poderíamos

visualizar um sistema desse acoplado com uma bomba ao invés do gerador elétrico para uso em irrigação.

Seguem abaixo alguns dados típicos de gaseificadores comerciais fabricados atualmente:

- Eficiência de conversão de biomassa sólida para gás de até 85% (considerando madeira) e de até 65% para casca de arroz;
- Cada quilo de biomassa sólida produz de 2,5 à 3,0 metros cúbicos de gás com poder calorífico entre 1000 e 1100 Kcal/m<sup>3</sup>;
- Um litro de diesel pode ser evitado (em gaseificadores que operam no ciclo combinado) com apenas 3-4 quilos de biomassa de madeira ou 5-6 quilos de casca de arroz;
- Reposição de até 70% do uso de diesel em gaseificadores de ciclo combinado, para uma mistura de 1 quilo de biomassa de madeira (ou 1,4 quilos de casca de arroz) e 90 cc de diesel para cada kWh de energia elétrica gerada;
- Em gaseificadores operados 100% à gás consumo de 1,5 quilo de biomassa por kWh de energia elétrica;
- Queima extremamente limpa em razão do alto teor de hidrogênio no gás produzido.

## 2. Histórico

O uso de gaseificadores remonta do início do século 19 quando pela primeira vez se fez uso de um processo de destilação seca de material orgânico para uso em iluminação pública. Em meados deste mesmo século desenvolve-se um outro método construtivo para gaseificadores que permaneceu vigente até meados do século 20 (modelos Bishoff e Siemens). Estes modelos operavam fundamentalmente a partir de carvão e turfa, dois combustíveis sólidos abundantes na natureza. Eles serviram nos períodos de guerra inclusive para alimentação de veículos através de dispositivos portáteis chamados de gasogênios.

Foi a partir dos modelos de gasogênio que foram desenvolvidos os modelos de gaseificadores de biomassa.

As crises de petróleo no início da década de 70 foram o argumento para fortalecer linhas de pesquisa voltadas para o aproveitamento sustentável de recursos renováveis, entre eles a biomassa. No Brasil o exemplo mais conhecido foi o lançamento do Proálcool, grande programa para substituição do uso de gasolina por álcool hidratado, que alcançou seu ápice entre as décadas de 80 e 90, e que vem ressurgindo com força mais recentemente.

É desta época que deu-se início a uma investigação mais profunda do uso de gaseificadores para biomassa.

## 3. Estágio Atual de Desenvolvimento - Exemplo Indiano

Muito se avançou no desenvolvimento de gaseificadores de biomassa nos últimos 20 anos. Ainda que conceitualmente o princípio de funcionamento dos dispositivos fosse bem conhecido foram enormes os desafios para fazer com que os reatores chegassem a produzir gás de boa qualidade para acionamento de motores. Vários projetos de demonstração foram conduzidos para teste de variedades diferentes de biomassa.

A Índia é o país que mais investiu no desenvolvimento de gaseificadores. Desde a década de 80 cerca de 4000 sistemas foram instalados, parte para geração de energia em projetos de eletrificação rural e parte para bombeamento voltado para irrigação, em proporções praticamente iguais. O desenvolvimento contou com a participação ativa do governo local através de programas de

intercâmbio entre universidades e empresas e também programas de subsídios para aquisição dos gaseificadores em condições mais favoráveis quando comparados com geradores à diesel.

Os avanços técnicos alcançados pela Índia fizeram com que sua indústria pudesse alcançar um grau de excelência que a coloca na vanguarda tecnológica mundial, em particular para pequenos gaseificadores. Juntamente com a experiência acumulada nas últimas décadas deve-se considerar o exemplo indiano como referência para qualquer país que for introduzir o uso de pequenos gaseificadores como solução energética.

## **Potencial no Brasil para Uso de Gaseificadores de Pequeno Porte**

O maior potencial para utilização de gaseificadores no Brasil é em projetos de eletrificação rural em locais remotos ou afastados da rede elétrica convencional. A possibilidade de gerar energia elétrica de boa qualidade próxima da fonte de manejo e coleta de biomassa é um dos fatores favoráveis para implantação de unidades descentralizadas de geração em milhares de comunidades e vilarejos sem acesso à energia elétrica, em particular na região Norte.

Acredita-se existirem cerca de 5 mil comunidades remotas no Estado do Amazonas e mais de 10 mil no Estado do Pará. Outras centenas encontram-se encravadas em locais remotos de outros Estados da Região Norte do Brasil. Grande parte destas comunidades ou não é atendida ou então é precariamente eletrificada de forma descentralizada através de pequenos grupos geradores à diesel. A capacidade média destes geradores oscila entre 10 e 40kWe, com um fator de carga muitas vezes inferior à 20%. É sabido por todos, inclusive pelo próprio governo federal, que o custo de manutenção destes geradores à diesel é totalmente inviável economicamente. O custo de transporte de um litro de diesel até seu destino final em alguma destas comunidades é equivalente ou até mesmo superior ao seu custo de compra. Ou seja, para cada litro de diesel consumido pelo gerador elétrico gastam-se efetivamente 2 litros.

A manutenção destes sistemas é feita de forma ainda mais precária e a própria operação dos mesmos não é regular. Não são raros os casos onde a eletricidade só chega aos usuários durante poucos dias do mês, seja por falta de combustível ou por falha no equipamento. São comuns também situações onde o gerador só funciona em períodos pré-eleitorais quando então candidatos financiam a compra de geradores e combustível para distribuição em seus domínios eleitorais. É óbvio que após este período todos sistemas voltam a sua condição padrão, ou seja, de completo abandono.

## **Gaseificadores comparados com outras alternativas renováveis**

Em comunidades afastadas qualquer tipo de solução para suprimento de energia elétrica é de difícil implantação e manutenção. As concessionárias de energia elétrica tem dificuldade em criar uma estrutura específica para gerenciar sistemas isolados, e não há como negar que os custos de operação e manutenção de tais sistemas é muito mais cara do que aqueles habitualmente conhecidos pela concessionária para os sistemas de distribuição tradicionais, como extensão de rede elétrica ou até mesmo grupos geradores diesel.

Dentre as alternativas energéticas comumente consideradas para eletrificação rural de comunidades isoladas destacam-se a energia solar fotovoltaica, micro centrais hidrelétricas e energia eólica. Em linhas gerais faz-se a opção por energia solar fotovoltaica quando o objetivo é prover eletrificação individual de residências ou então de um centro comunitário ou escola rural. Para demandas de energia maiores, como para algum tipo de aplicação comercial ou semi-industrial, dificilmente esta tecnologia será competitiva.

Micro centrais hidrelétricas ou energia eólica são tecnologias restritas à disponibilidade de recursos naturais próximos da comunidade para que possam ser utilizadas. Isto inviabiliza sua utilização em larga escala.

Já o uso de gaseificadores pode-se aplicar em qualquer tipo de comunidade isolada afinal a energia será produzida próxima do local de consumo. Mesmo que a comunidade não tenha biomassa disponível para alimentação do gaseificador é perfeitamente possível instituir um modelo de gestão para plantio e manejo de algum tipo específico de biomassa com a finalidade de produzir o combustível necessário para uso no gaseificador. O grupo de pesquisas da Unicamp do Laboratório de Combustíveis e Combustão do Departamento de Engenharia Térmica e de Fluidos da Faculdade de Engenharia Mecânica liderado pelo Prof. Sánchez provou ser economicamente viável a operação de gaseificadores com gramíneas do tipo capim-elefante. Trata-se de biomassa de fácil plantio e manutenção, possível de ser cultivada em qualquer região do Brasil. Não podemos esquecer ainda do enorme potencial existente em locais onde o cultivo e coleta de biomassa já é uma atividade historicamente presente na vida das comunidades, como por exemplo as culturas de babaçu, dendê, cical, côco entre outros tipos de nozes comumente encontradas na região Norte.

O engajamento da comunidade é um dos fatores de sucesso em projetos com uso de gaseificadores, como extensivamente observado no exemplo indiano. A figura de uma Associação Comunitária, com o envolvimento de várias famílias trabalhando com um objetivo comum não só irá facilitar a aceitação do sistema como irá criar condições para que a comunidade possa progredir econômica e socialmente. É recomendado também o envolvimento de Organizações Não Governamentais como elo de ligação entre a solução tecnológica e o contexto cultural e existencial de cada comunidade, com suas características peculiares.

## **Gaseificadores para Geração de Energia Elétrica x Universalização de Energia**

Com a publicação do Decreto No. 4873 de 11 de Novembro de 2003 e da Portaria No. 38 de 09 de Março de 2004 foi determinado pelo Governo Federal através do Ministério das Minas e Energia que todas as comunidades sem acesso à energia elétrica, num universo estimado de 12 milhões de pessoas, sejam atendidas sem exceção até o ano de 2008. Caberá às concessionárias de energia elétrica planejar o atendimento destas comunidades, seja através da simples extensão de rede elétrica, seja através do uso de tecnologias alternativas, como é o caso do uso de gaseificadores ou outras fontes renováveis.

Abre-se uma oportunidade ímpar neste momento para introdução da tecnologia de gaseificadores como uma solução real para eletrificação rural de milhares comunidades localizadas em regiões remotas do território brasileiro. Não se deseja com isto que o uso de gaseificadores tome espaço das outras possibilidades tecnológicas, como já abordado anteriormente. Deseja-se sim passar a considerar uma nova tecnologia madura comercialmente, como demonstrado de exemplos de sucesso em outros países. O uso de gaseificadores pode significar não apenas a oferta de energia para locais que vivem no escuro como também um meio para o desenvolvimento sócio-econômico destas comunidades.

## **Limitações da Tecnologia**

Tão importante quanto falar da tecnologia e de seus benefícios em aplicações voltadas para eletrificação rural e bombeamento d'água para irrigação é também informar sobre os cuidados especiais que deve se dar para que projetos usando gaseificadores tenham sucesso e possam ser replicados em escala comercial.

Retomando novamente o exemplo indiano cabe observar que na primeira fase de desenvolvimento de gaseificadores, conduzida na década de 80, onde cerca de 1000 sistemas foram instalados, estima-se que a média de funcionamento dos sistemas não excedeu mais de 160 horas. Como estamos falando de média isto pode significar que centenas de gaseificadores, para geração de energia ou bombeamento d'água simplesmente não funcionaram mais logo após sua montagem e funcionamento inicial. Estes são dados preocupantes e que devem servir de alerta para possíveis programas que venham a ser implantados no Brasil. Mais uma vez se faz necessário reforçar a importância do engajamento da comunidade, mais do que a própria tecnologia, como chave para o sucesso de um dado projeto. Guardadas as devidas proporções tais cuidados devem ser tomadas em qualquer projeto de eletrificação rural usando energias não convencionais, uma vez que aquilo que não é bem conhecido ganha rapidamente o *status* de "não funciona direito".

Abaixo estão relacionadas outras barreiras que podem dificultar a penetração da tecnologia de gaseificadores:

### 1. Tipo de Biomassa Utilizada

Muito das pesquisas realizadas com gaseificadores foram orientadas para uso de madeira. Não por outra razão existem dados de boa qualidade e um histórico extenso que fazem com este tipo de biomassa seja o mais recomendado para uso em gaseificadores. Outros tipos de biomassa apresentam ótimo comportamento para uso em gaseificadores, como já citados anteriormente. Isto não significa que basta comprar um gaseificador e tentar alimentá-lo com qualquer combustível sólido. Cada tipo de biomassa tem um teor diferente de cinzas, temperatura ideal de processamento no reator e teor de alcatrão, entre outros parâmetros. É por esta razão ser fundamental e imprescindível se conhecer previamente o tipo de biomassa a ser usada para que algumas adaptações básicas sejam introduzidas no gaseificador. Deve-se conhecer o conteúdo típico de cinzas da biomassa para se dimensionar o tamanho do depósito de cinzas bem como a frequência com que o operador, caso o gaseificador não seja automatizado, fazer sua remoção.

Outro cuidado importante diz respeito ao teor de umidade da biomassa. Gaseificadores não aceitam bem biomassa molhada pela dificuldade criada na ignição do sistema.

### 2. Treinamento

O treinamento é uma etapa particularmente importante para o sucesso de um projeto com gaseificador. Deve-se prever um treinamento extensivo e específico com vários integrantes da comunidade para que eles se sintam confortáveis com a operação e manutenção do sistema. Neste ponto cabe recomendar a atuação de ONG's para divulgação e promoção da tecnologia. Tais organizações muitas vezes já realizam trabalhos nas comunidades e sua presença pode funcionar como aval de que a tecnologia é realmente funcional e não trará dores de cabeça.

### 3. Operação e Manutenção

A operação e manutenção dos gaseificadores deve ser necessariamente feita pela própria comunidade. Delegar esta responsabilidade para a concessionária ou alguma outra empresa prestadora de serviços pode significar dias de espera em função da distância e tempo de acesso até estas localidades. A descrença na tecnologia será total se na primeira vez que ocorrer um problema de funcionamento do gaseificador a comunidade ficar de braços cruzados aguardando que alguém venha solucionar o defeito. Estes são problemas recorrentes em sistemas de energia alternativos. Esquece-se com frequência que o treinamento é muito mais importante do que a própria tecnologia e que as pessoas são os elos fundamentais para que os sistemas operem de forma adequada. É óbvio também que algum tipo de mecanismo tenha que ser previsto pela concessionária, responsável em

primeira ordem pela sistema de energia instalado, para que as pessoas diretamente envolvidas com a operação e manutenção dos sistemas sejam de alguma forma remuneradas por esta tarefa.

#### 4. Envolvimento Governamental e Intercâmbio com Indústria e Universidades

O exemplo indiano mostra que a coordenação de atividades entre o governo, indústria e centros de excelência tecnologia é fundamental para o sucesso de um programa de longa duração na área de gaseificadores. Muitas vezes iniciativas desencontradas levaram à projetos pilotos abandonados e falta de regulamentação completa na especificação de equipamentos, inexistência de requisitos mínimos bem como normas de segurança.

### Conclusão

O uso de gaseificadores é uma tecnologia madura, moderna, renovável e confiável para aplicações em sistemas de geração de energia descentralizada de pequena capacidade (<10kWe) e para uso em sistemas de bombeamento d'água para irrigação (<10HP).

Ainda que este trabalho não traga uma análise econômica de viabilidade detalhada e atualizada para o caso brasileiro é possível fazer um paralelo com os resultados colhidos em 20 anos da experiência indiana. Lá foram implantados cerca de 4000 sistemas com gaseificadores, sendo que parte foi para suprimento de energia elétrica em comunidades desassistidas em projetos do tipo mini-rede. O histórico mostra que tais projetos tem um taxa interna de retorno da ordem de 16% e um tempo de retorno de investimento de 8 anos. São valores bastante razoáveis em se tratando de eletrificação rural, onde a princípio, o retorno do investimento aceito pelo investidor pode ser menor uma vez que a principal finalidade do projeto é com o caráter social do atendimento.

Em análise de viabilidade econômica realizada em trabalho da Unicamp (Sánchez, Fernandes, Ângulo, 2000) foram encontrados dados que comprovam a viabilidade econômica do uso de gaseificadores no Brasil para a finalidade de eletrificação rural. Naquela ocasião foram encontrados valores no custo da energia produzida pelo gaseificador entre R\$ 0,165/kWh e R\$ 0,225/kWh. Ainda que não atualizados pode-se afirmar sem muito erro que a situação atual é ainda mais favorável para o uso de gaseificadores, até por que estamos falando agora de equipamentos que podem operar 100% à gás, sendo que a análise feita pela Unicamp 4 anos atrás considerava um equipamento operando com cerca de 20% de diesel.

O potencial de aplicação de gaseificadores no Brasil, em particular para projetos de eletrificação rural é gigantesco. A implantação de projetos em comunidades remotas, de forma ordenada e bem gerenciada é uma alternativa real para suprimento de energia de qualidade integrada à realidade destas comunidades e seus costumes, fazendo uso de recursos naturais disponíveis sem agressão da natureza local.

O mercado oferece equipamentos de boa qualidade que podem ser comprados completos, com peças intercambiáveis e sobressalentes. São sistemas de fácil operação e manutenção. Estamos falando de equipamentos importados mas que poderiam perfeitamente passar por uma nacionalização próxima de 100%. A criação de uma indústria nacional, bem como o desenvolvimento de mão de obra qualificada para instalação e manutenção de sistemas (centros de assistência técnica estrategicamente localizados) é uma das etapas necessárias para o sucesso na replicação de gaseificadores no Brasil.

Um amplo trabalho de divulgação e promoção da tecnologia deve ser conduzido para convencer as partes interessadas, em particular o governo e as próprias concessionárias de energia, dos benefícios e vantagens no uso de gaseificadores. Estamos diante de um processo longo e árduo mas que

certamente colherá resultados grandiosos a médio prazo, principalmente para aqueles que mais precisam, os locais mais esquecidos deste Brasil.

## Referências

[1] GOSH, Debyani, SAGAR, Ambuj, KISHORE, V. V. N.. Scalling up Biomass Gasifier Use: Applications, Barriers and Interventions. 2003.

[2] FERNANDES, Marcelo Côrtes, SÁNCHEZ, Caio Glauco e ANGULO, Mario Barriga. Custos da gaseificação de gramínea para eletrificação rural. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas.

[3] SILVA, Marcelo J. Moreira da, RUGGERO, Paulo André. Gaseificação. Site Unicamp [www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/gaseif/gaseif.html](http://www.fem.unicamp.br/~em313/paginas/gaseif/gaseif.html)

[4] LEAL, Manoel Regis L. V., LAMÔNICA, Hércio Martins. Gaseificação: Chegou a Hora ?. In: 2º. SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CANA DE AÇÚCAR, 2003, Ribeirão Preto

[5] Balanço Energético Nacional 2003

[6] Atlas de Energia Elétrica do Brasil 2002

[7] Site Ankurr Scientific [www.ankurscientific.com](http://www.ankurscientific.com)