

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



## **A BIOMASSA ENTRE AS VOCAÇÕES ENERGÉTICAS DA AMAZÔNIA: COMPARATIVO FINANCEIRO E SOCIOECONÔMICO DE SISTEMAS DE ENERGIA APLICÁVEIS À UMA COMUNIDADE ISOLADA NO PARÁ**

**Noemy Pereira de Souza<sup>(1)</sup>, Bruna Chaves Brasileiro<sup>(1)</sup>, Rafael Ninno Muniz<sup>(1)</sup>,  
Ricardo Marino Kühl<sup>(1)</sup>, Pedro Coelho de Rezende Neto<sup>(1)</sup>, José Alberto Silva de  
Sá<sup>(2)</sup>, Brigida Ramati Pereira da Rocha<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Pará  
(PPGEE/UFPa). Av. Augusto Corrêa, 001. Instituto de Tecnologia, Belém, PA, 66075-900, (91)  
32017634

<sup>(2)</sup> Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Universidade do Estado do Pará (PPGCA  
- UEPA)

<sup>(3)</sup> PPGEE/UFPa e Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção da Amazônia (CENSIPAM),  
Avenida Júlio Cesar, 7060, Belém, PA, CEP: 66617-420, Fone: (91) 3366-2202  
(noemypds@gmail.com)

**Resumo** - Em estudo de caso voltado para a comunidade de Jenipauá, localizada no município de Abaetetuba, Estado do Pará, foram realizadas análise financeira e socioeconômica de três sistemas de energia possíveis de aplicação para atender uma agroindústria na comunidade: sistema fotovoltaico, sistema de gaseificação de biomassa e sistema convencional de geração diesel. No rico cenário energético da Amazônia, destacamos o aproveitamento da biomassa residual para geração descentralizada de energia em áreas remotas nas comunidades isoladas, através de sistemas de gaseificação que se mostram mais promissores na busca pelo aumento da autonomia energética e pelo desenvolvimento e proteção dos ecossistemas amazônicos, respeitando suas vocações ambientais. Esse trabalho apresenta os resultados da análise financeira e socioeconômica dos três sistemas de energia, utilizando cálculos econômicos e parâmetros sociais, validando-os no programa RETScreen que, entre outras funções importantes, realiza a análise financeira completa e de emissão de gases de efeito estufa inerente a diversos sistemas de conversão de energia, de acordo com suas aplicações e características específicas.

**Palavras-chave:** Comunidades amazônicas, gaseificação de biomassa, software RETScreen, sustentabilidade.

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



## 1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é chamar a atenção para o potencial da biomassa na Amazônia e, mais especificamente, para a tecnologia de gaseificação. Essa técnica visa produzir combustíveis puros, isto é, filtra as impurezas dos gases produzidos, que são tóxicas, como por exemplo o enxofre e seus compostos. Sendo assim, ao queimar o combustível puro (filtrado) da gaseificação para gerar energia, os produtos finais têm baixa toxicidade e se incorporam ao ciclo químico da natureza, enquanto os resíduos tóxicos são separados e tratados da forma correta.

Este trabalho explora o potencial energético do uso da biomassa na Comunidade Jenipaúba, localizada no município de Abaetetuba, estado do Pará, fazendo uma comparação socioeconômica e financeira entre energias e tecnologias renováveis (biomassa e fotovoltaica) e a tecnologia convencional (diesel) a fim de analisar um sistema de energia mais viável para atender uma agroindústria de despolpamento de açaí na comunidade.

## 2. ANÁLISE SOCIOECONÔMICA E FINANCEIRA DOS SISTEMAS DE ENERGIA

Afim de evidenciar as melhores tecnologias para investimentos, deve-se conhecer os indicadores financeiros e econômicos dos empreendimentos produtivos. Os primeiros preocupam-se com as relações entre os custos e as receitas. Os segundos, por representarem a dimensão socioeconômica, apresentam índices relacionados com os aspectos sociais da economia no uso das fontes renováveis.

A análise financeira é iniciada com a metodologia de cálculo para obter os parâmetros financeiros como valor presente líquido, taxa interna de retorno, fluxo de caixa, relação benefício-custo e tempo de retorno do investimento. Em seguida é apresentada uma análise socioeconômica devido à importância social do uso das tecnologias renováveis apresentadas. Posteriormente, é calculado o custo de geração de energia de cada sistema para realizar uma comparação ao final, seguido de uma análise sobre os resultados. Após isso, é calculado o custo de geração de energia de cada sistema para realizar uma comparação ao final, seguido de uma análise sobre os resultados (MUNIZ, 2015).

### 2.1 Metodologia

A metodologia empregada para a análise financeira e socioeconômica foi dividida em três partes, sendo elas: levantamento de mercado dos indicadores de custos de investimento, cálculo dos indicadores financeiros e cálculo dos indicadores socioeconômicos.



### 2.1.1 Indicadores de Custos de Investimentos e Receitas

Os itens de custos adotados para o empreendimento na comunidade foram os custos de investimentos, custos de combustíveis, custos de operação e manutenção. A receita foi oriunda da economia do combustível fóssil evitado.

### 2.1.2 Modelo de Análise Financeira

A análise financeira apresenta indicadores que medem o quanto é atrativo o projeto para o empreendedor, suas condições de sustentabilidade e solvência. Os seguintes indicadores foram utilizados nesse estudo (BUARQUE, 1984; BRUNI, 2008; SANTANA, 2005):

- Fluxo de Caixa: é uma ferramenta que controla a movimentação financeira (as entradas e saídas de recursos financeiros), em um período determinado.
- Valor Presente Líquido (VPL): é definido como a diferença entre o valor presente de fluxo de caixa esperado de um projeto e seu custo inicial. Para valores de VPL positivo, o projeto é viável, enquanto que um valor negativo mostra que o investimento não é justificável;
- Taxa Interna de Retorno (TIR): esse parâmetro é obtido quando o VPL é igualado a zero, estando assim estritamente relacionado. Para comprovar a viabilidade do projeto, além do VPL ser superior a zero, a TIR deve ser maior que a taxa de desconto considerada;
- Relação Benefício Custo (Rb/c): relaciona os benefícios do projeto e os seus custos. Tanto os benefícios como os custos devem ser expressos em valores presentes.
- Tempo de Retorno do Capital (*Payback*): refere-se ao tempo decorrido entre o investimento inicial no momento que o lucro líquido se iguala ao valor do investimento. Sendo assim, o investimento com menor *payback* é considerado a melhor opção, pois o valor investido é recuperado em um prazo menor. Também um *payback* menor é visto como um menor risco, pois quanto mais longo o tempo de retorno mais incertos são os retornos positivos de caixa.



Para o cálculo dos indicadores financeiros apresentados (VPL, TIR, Rb/c e *Payback*) foram utilizados Santana (2005) e Buarque (1984), através das seguintes equações:

$$\begin{aligned} & \text{VPL}(i_m) \\ & = -I + \sum_{t=1}^n \frac{R_t - C_t}{(1 + i_m)^t} \end{aligned}$$

Equação 1

$$I = \sum_{t=1}^n \frac{R_t - C_t}{(1 + \text{TIR})^t}$$

Equação 2

$$\frac{R_b}{c} = \frac{\sum_{t=0}^n R_t}{I + \frac{\sum_{t=0}^n C_t}{(1 + i_m)^t}}$$

Equação 3

Onde temos:

**VPL** = Valor Presente Líquido; **I** = Investimento ou capital aplicado; **R<sub>t</sub>** = Fluxo de receitas do projeto no ano t; **C<sub>t</sub>** = Fluxo de custo do projeto no ano t; **n** = número de anos do projeto (t=1, ..., n); **i<sub>m</sub>** = Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP).

Para análise do VPL, será utilizado uma taxa de juros de longo prazo (TJLP), que vale em média 12% ao ano, podendo ser utilizada como referência para esse tipo de análise (SANTANA, 2005). Temos, através dos resultados da Equação 1, os custos de oportunidade sobre o capital investido no projeto. Obtendo um VPL>0, o projeto é considerado economicamente viável, pois as receitas foram maiores que as despesas.

A TIR avalia a viabilidade econômica do projeto, que pode ser calculada através da Equação 2 considerando VPL=0. Com uma TIR superior à taxa de juros que reflete o custo de oportunidade do capital, temos que o empreendimento é considerado viável. A Rb/c de um projeto é dada pela razão entre a soma do fluxo de receitas e a soma do fluxo de custos, atualizadas pela taxa de juros (TJLP) segundo a Equação 3. O projeto apresenta viabilidade econômica para uma Rb/c >1, pois com isso o somatório das receitas atualizadas é maior do que os custos atualizados somados (SANTANA, 2005; BUARQUE; OCHOA, 1991).

Em um sistema de energia utilizando energia solar fotovoltaica e biomassa, adotou-se uma taxa de juros de 12% ao ano e um período de vida útil dos equipamentos de 20 anos. A taxa de juros adotada foi considerada como taxa mínima de atratividade (i<sub>m</sub>), sendo essa taxa referente ao custo de oportunidade do investimento no projeto. O cálculo do *payback* simples foi obtido pela Equação 2, considerando o VPL igual a zero e calculando-se ano a ano o valor retornado pelo sistema, somando-se os valores obtidos no final.

### 2.1.3 Modelo de Análise Socioeconômica

A análise econômica ou social, mostra a atratividade do empreendimento para a sociedade como um todo. Faz a avaliação dos fluxos de entrada e saída considerando os



custos reais, sem as distorções dos preços de mercado que são introduzidas por intervenções governamentais, tais como bitributações, subsídios e outras distorções de preços. Dessa forma, a avaliação socioeconômica mede a rentabilidade de um projeto em termos de recursos reais para a sociedade.

Para realização da análise socioeconômica foi feita uma transformação dos preços de mercado (financeiros) em preços econômicos (sociais) a partir da utilização de fatores de conversão existentes e aceitos mundialmente. Através de estudos retirados de França *et al.* (2011) e Campos *et al.* (2013), os fatores de conversão para o Brasil utilizados nesse estudo são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Fatores de conversão para indicadores socioeconômicos.**

	Receita	Investimentos	Energia	Combustível	Manutenção
Fatores de conversão	0,9522	0,8134	0,970	0,940	0,817

Fonte: Adaptado de Campos *et al.*, 2013; França *et al.*, 2011.

Na análise financeira, os preços de mercado são suficientes como indicadores de custos e benefícios. Porém na análise socioeconômica, essa medição não é suficiente, necessitando determinar um parâmetro chamado preços-sombra (preços econômicos), que indicam o valor de cada produto, insumo ou serviço medido em correspondência aos custos de oportunidades econômicos desses bens e serviços (BUARQUE; OCHOA, 1991). Na prática, o preço-sombra é definido por meio da relação do fator de conversão através da equação  $FC=PE/PM$ , onde o preço-sombra ou preço econômico (PE) é calculado multiplicando o preço de mercado (PM) pelo fator de conversão (FC) dado pela Tabela 1.

### 3. Resultados

Verifica-se no estudo do custo da energia produzida para cada sistema analisado, que o sistema biomassa é o mais competitivo, mesmo possuindo um custo de energia (R\$ 0,3132/kWh) um pouco maior que o sistema fotovoltaico (R\$ 0,3120/kWh), pois sua TIR de 32,25% é o dobro da TIR do sistema fotovoltaico (16,33%), enquanto que o sistema diesel possui um custo de energia mais elevado (R\$ 0,4420/kWh), conforme o comparativo mostrado na Tabela 2.

AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



Apesar do VPL do sistema fotovoltaico ser maior do que o sistema biomassa, o que do ponto de vista de atrair investidores é mais relevante, seu *payback* é bem maior devido ao alto custo de investimento inicial da tecnologia solar, resultando em um tempo de retorno em torno de 11 anos para o sistema fotovoltaico, enquanto que o sistema biomassa resultou em um *payback* de 4 anos.

Com essa análise financeira realizada, demonstra-se a viabilidade econômica do sistema biomassa com base em gaseificação de caroço de açaí, para operação da agroindústria da comunidade de Jenipaúba. O sistema fotovoltaico também possui viabilidade socioeconômica como demonstrado, apesar de um retorno de investimento em prazo maior. O sistema eólico mostrou-se inviável tecnicamente falando, devido à baixa incidência de ventos e pouca disponibilidade de área de terra firme na região em estudo.

O sistema diesel mostrou-se possuir o maior custo de geração de energia entre os sistemas analisados, devido principalmente ao alto custo de obtenção do combustível fóssil na região, pois a dependência atual desse combustível é muito grande, o que eleva seu preço final ao consumidor.

**Tabela 2 – Comparativo financeiro e socioeconômico dos sistemas.**

Sistema	Fotovoltaico		Biomassa		Diesel	
	Financeira	Socioeconômica	Financeira	Socioeconômica	Financ.	Socioec.
VPL (R\$)	<b>143.694,22</b>	<b>212.562,60</b>	<b>141.677,70</b>	<b>207.801,52</b>	----	----
TIR (%)	<b>16,33</b>	<b>19,71</b>	<b>33,07</b>	<b>48,27</b>	----	----
R <sub>b/c</sub>	<b>1,26</b>	<b>1,48</b>	<b>1,26</b>	<b>1,46</b>	----	----
<i>Payback</i> (anos)	<b>10,61</b>	<b>7,92</b>	<b>3,97</b>	<b>2,54</b>	----	----
Custo da Energia (R\$/kWh)	<b>0,3132</b>	<b>0,2539</b>	<b>0,3143</b>	<b>0,2566</b>	<b>0,4420</b>	<b>0,3630</b>

Fonte: MUNIZ, 2015.

A análise socioeconômica revela a diferença de valores que é pago em impostos e encargos tributários governamentais. Como o fator de correção abstrai desses encargos, temos para todos os sistemas analisados um *payback* reduzido, com aumento considerável no valor de VPL e da TIR, e uma melhoria na relação benefício-custo, evidenciando os altos custos de taxações tributárias que existem no país. Como exemplo no sistema biomassa,



temos um *payback* inicial de 3,97 anos (financeiro) e de 2,54 anos para análise socioeconômica. A TIR do sistema biomassa varia de 33,07% para 48,27% o que torna o projeto muito mais atrativo do ponto de vista de investimentos, com um VPL variando de R\$ 141.677,70 para R\$ 207.801,52. Na Tabela 2 é apresentado os resultados financeiros e socioeconômicos, além dos custos de energia de cada sistema.

### 3.1 Análise no *software Retscreen*

Com o objetivo tornar mais didática e visual a análise econômica anteriormente exposta, foi utilizada a ferramenta *Retscreen*, um Software de gerenciamento de energia limpa habilitado a analisar a viabilidade de projetos de eficácia energética, energias renováveis e de cogeração e, ainda, analisar o desempenho de projetos de energia de forma contínua.

As análises feitas têm perfil comparativo, a primeira análise compara o sistema fotovoltaico com o sistema de geradores a diesel e a segunda faz a comparação do sistema de gaseificação de biomassa em relação ao de geradores a diesel. Ambos os projetos são avaliados dentro de um prazo de 20 anos, que é o prazo estimado de tempo de vida das tecnologias utilizadas. Uma observação importante a se fazer é o fato de que o sistema fotovoltaico substituiria todo o sistema a diesel, enquanto o sistema de biomassa aproveitaria a estrutura do sistema a diesel, substituindo até 70% da utilização desse combustível fóssil.

#### 3.1.1 Análise Econômica do Sistema Fotovoltaico

Para executar a primeira análise no programa, foram inseridos os seguintes parâmetros:

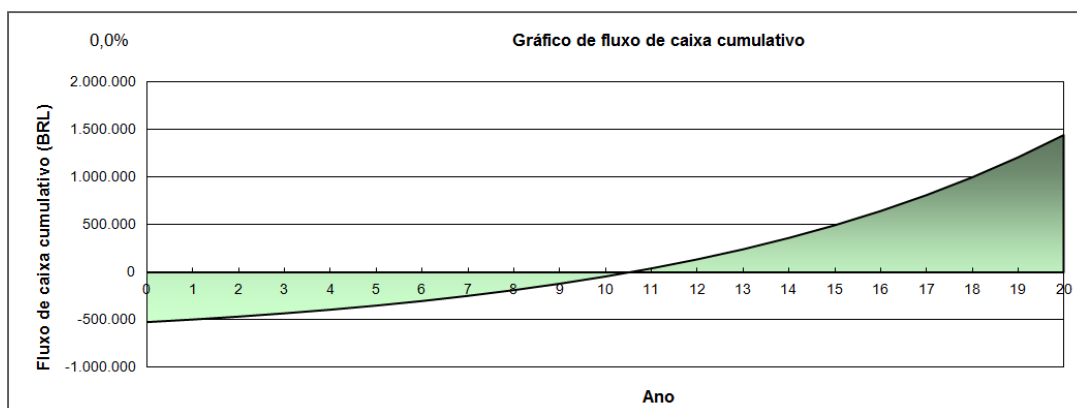
- Custo anual do sistema a diesel; Custo inicial; Custo anual do sistema fotovoltaico;
- Taxa de inflação de longo prazo; Tempo de vida do projeto; Localização do projeto.

Sendo assim, obtido o seguinte gráfico do fluxo de caixa cumulativo da tecnologia de geração fotovoltaica em substituição ao sistema a diesel que está sendo mostrado na Figura 1. Como se pode observar no gráfico *payback* é caracterizado pelo instante em que o eixo horizontal é cortado pela curva e é possível perceber a indicação dos 10,61 anos citados na Tabela 2.





Figura 1 - Fluxo de caixa cumulativo do sistema fotovoltaico.

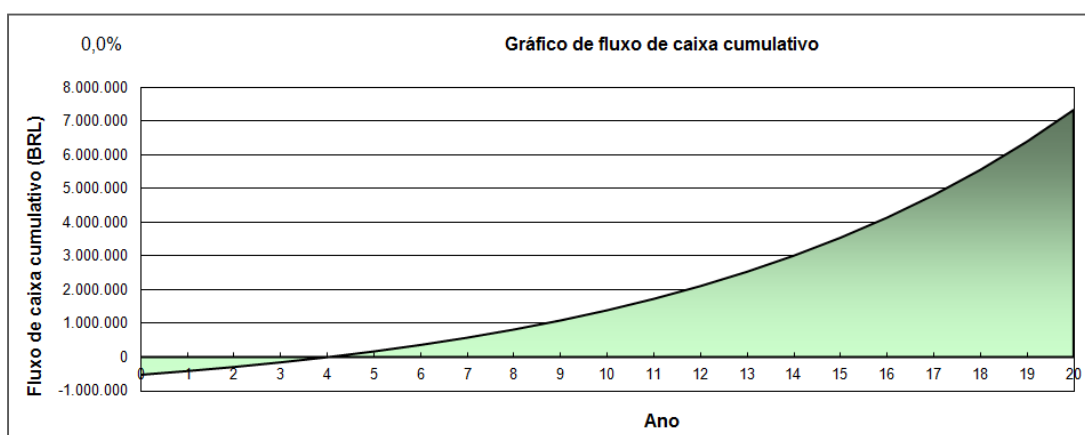


Fonte: Autora, 2015.

### 3.1.2 Análise Econômica do Sistema de Biomassa

Para a segunda análise, foram inseridos os mesmos parâmetros do item 3.2.1, gerando o gráfico de fluxo de caixa cumulativo mostrado na figura 2 e, novamente, o valor de *payback* indica o valor do tempo de retorno financeiro citado na tabela 3 de 3,97 anos.

Figura 2 - Fluxo de caixa cumulativo para o sistema de biomassa.



Fonte: Autora, 2015

## 4. CONCLUSÃO

Os sistemas de energia com base em fontes renováveis e no aproveitamento energético de biomassa residuária, mostraram-se viáveis do ponto de vista técnico, financeiro e socioeconômico. Os resultados encontrados, evidenciados nos indicadores calculados, apontam para projetos com alta rentabilidade, boa relação benefício-custo e tempo de retorno de investimentos em curto prazo.



## AGRENER GD 2015

10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



No estudo de caso apresentado, ao realizar o levantamento do potencial energético da comunidade de Jenipaúba, a energia da biomassa mostrou-se ser a mais promissora, tanto pela disponibilidade de recursos naturais (açai), quanto pela tecnologia social empregada para aproveitamento energético dessa biomassa (gaseificação). A energia solar, apesar do grande potencial, ainda possui um custo alto de implantação em comunidades isoladas, devido ao alto investimento inicial e diante da dificuldade de logística de acesso às comunidades isoladas para manutenção e capacitação no uso dessa fonte.

O uso da energia da biomassa agrega aos empreendimentos de energia benefícios sociais e ambientais. Entre os benefícios sociais que são inseridos na comunidade com o uso da energia da biomassa, está o fato de que esse recurso energético natural promove o saneamento ambiental, uma vez que os resíduos da produção do açai, que são descartados em várzeas, aterrados embaixo das casas ou lançados no rio, fermenta e apodrece, produzindo chorume que contribui na poluição do solo e da água, passam a ter um valor agregado que é o potencial energético dessa matéria prima.

O açai, base alimentar da comunidade de Jenipaúba, passa a ser valorizado não apenas como alimento, mas também como produtor de energia elétrica para uso da comunidade através do seu resíduo.

A realidade que vivem os moradores da comunidade estudada pode ser replicada para milhares de outras comunidades existentes na Amazônia, distantes muitas vezes centenas de quilômetros dos centros urbanos e desprovidas de benefícios básicos como tratamento de água, saneamento básico, energia elétrica, etc. Nessas localidades, os arranjos produtivos locais são inviabilizados pelo alto custo da energia gerada por fontes fósseis, e também o alto custo da energia de rede convencional, impedindo assim o pleno desenvolvimento humano e social.

Gerar energia no local, aproveitando os potenciais energéticos renováveis e promover o saneamento ambiental através do uso da biomassa residual para produção de energia é uma possibilidade viável para promoção da inclusão social e da melhoria de qualidade de vida. O exemplo utilizado, através dos sistemas de gaseificação de pequeno porte, mostrou ser competitivo com as demais fontes de energia, inclusive com um custo menor que a fonte fóssil.

## 5. REFERÊNCIAS

**AGRENER GD 2015**

**10º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural**

11 a 13 de novembro de 2015

Universidade de São Paulo – USP – São Paulo



BRUNI, A. L. Avaliação de Investimentos. São Paulo: Atlas, 2008.

BUARQUE, C. Avaliação Econômica de Projetos. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1984.

CAMPOS, R. T.; DA ROZA, M. X. T.; PINHEIRO, J. C. V. Valoração socioeconômica da água em projetos públicos de irrigação. Revista de Política Agrícola, v. 3, n. Ano XXII, p. 73-87, Julho/Agosto/Setembro 2013.

FRANÇA, F. M. C.; HOLANDA JUNIOR, E. V.; SOUSA NETO, J. M. Análise da viabilidade financeira e econômica do modelo de exploração de ovinos e caprinos no Ceará por meio do sistema agrossilvipastoril. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, Abril/Junho 2011. 287-297. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/899797>>.

MUNIZ, R. N. Desafios e Oportunidades para o Acesso Universal à Energia Elétrica na Amazônia. Dissertação de Mestrado. Belém: Universidade Federal do Pará, 2015.

RETScreen® Internacional – Disponível em: <<http://www.retscreen.net/pt/home.php>>.

SANTANA, A. C. Elementos de Economia, Agronegócio e Desenvolvimento Local. Belém: UFPA, 2005.