



**AGRENER**  
GD

## **GERAÇÃO DE ENERGIA COM INOVAÇÃO TECNOLÓGICA DE APROVEITAMENTO DE BIOMASSA RESIDUAL**

JOHNSON PONTES DE MOURA<sup>1</sup>  
P.V. PANNIR SELVAM<sup>2</sup>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - Mestrando em Engenharia  
Química<sup>1</sup>

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Professor Ph.D em Engenharia  
Ambiental<sup>2</sup>

**Resumo** No presente trabalho buscou-se a introdução de energia alternativa de biogás em comunidades rurais para o desenvolvimento sustentável através de aproveitamento de biomassa residual e obtendo também como subproduto o fertilizante biológico. Foi feita uma compostagem rápida do resíduo domiciliar com o orgânico onde parte desse resíduo após esse processamento foi levada junto com o efluente domiciliar ao biodigestor. Foram realizadas pesquisas bibliográficas sobre os processos de geração de biogás, compostagem e equipamentos envolvidos. À partir disso foram desenvolvidos projetos de Engenharia com a utilização de ferramentas computacionais como o Super Pro Design 4.9 e o Software Orçamento 2004 desenvolvido pela nossa base de pesquisa. Foram criados dois cenários, onde um utilizou o sistema convencional de geração de biogás e o outro com a nossa inovação, que utilizando resíduo da compostagem juntamente com o efluente domiciliar. Foi realizado um estudo de viabilidade econômica onde foi comprovado que o projeto proposto possui mais vantagens do que o sistema convencional. Considerando a viabilidade desse processo pretende-se aplicar essa tecnologia em domicílios rurais proporcionando-os uma fonte energética de baixo custo em substituição da energia convencional.

**Abstract** In the present work, the introduction of alternative energy of biogás in agricultural communities for the sustainable development was studied through exploitation of residual biomass and also getting as by-product the biological fertilizer. A fast composting of the domestic residue with the organic was made possible where part of this residue after processing was taken together with effluent to the biodigestor. The bibliographical research on the processes of generation of biogás, about composting and the equipments for processing had been carried through. The projects Engineering with the use of computational tools had been developed with the Software Super Pro 4,9 Design and ORC GPEC 2004 by our research group. Five case studies had been elaborated, where different scenes related with our innovation, that uses of the residue for the composting together with domestic effluent for digestion. Several economic parameters were obtained and our work proved the viability about the use of biogás for drying of the fruits banana. A economic feasibility study was carried where it was proven that the project with the innovation of the use of residues from the fruits possess more advantages than the conventional system of drying using electric energy. Considering the viability of this process and the use solar energy, it is intended to apply this technology in rural agricultural communities providing them an energy source of low cost in substitution of the conventional energy.

### **1-Introdução**

O suprimento de energia tem sido um dos grandes problemas enfrentados pelas populações rurais, em especial de baixa renda. Cada vez mais as fontes alternativas de energia estão se destacando em substituição das energias derivadas do petróleo. Atualmente, cerca de 5% de toda a energia produzida no planeta é de fonte renovável e estima-se que em 2060, quando a população do planeta deverá ser de 12 bilhões de pessoas, 70% de toda a energia produzida será renovável. Em geral, salvo algumas exceções, elas são energias “limpas”, isto é, que não



produzem poluição e nem se esgotam e, pelo contrário, reciclam resíduos de alto poder energético.

Uma das maiores dificuldades na implantação do processo de bioconversão reside no alto custo dos biodigestores necessários, devido ao tempo prolongado durante a bioconversão. Estudos preliminares têm sido realizados em diversos laboratórios sobre a digestão anaeróbia, mostrando que bioreatores de multi-estágios e pré-tratamento dos resíduos sólidos e sua recuperação na forma de biomassa bacteriana como aditivo de alto valor para ração animal podem atenuar este problema ( Felizard, 1988 e Scoth, 1989).

Outros problemas estão relacionados com a separação do CO<sub>2</sub> do biogás. A modelagem e simulação dos processos poderão facilitar o desenvolvimento, a otimização e a viabilidade econômica de projetos para a realidade do mercado regional ( Pannir Selvam, 1980 e 1996).

A abundância das fontes de biomassa disponíveis no Brasil, a vasta gama de processos de transformação utilizados para sua valorização e a diversidade de energéticos obtidos para uso pelo consumidor final levaram o país a desenvolver um amplo espectro de atividades no campo da biomassa. O Brasil dispõe de condições climáticas favoráveis para explorar a imensa energia derivada dos resíduos orgânicos e liberar o biogás e fertilizantes.

Inúmeras vantagens podem ser descritas para a implantação de unidade para a produção de biogás, porém um dos aspectos mais convenientes é com relação ao meio ambiente, pois nenhum prejuízo, em termos de impacto ambiental, terá o meio ambiente quando implantado um biodigestor, além do mais com o aproveitamento de efluentes orgânicos domiciliares ou industriais para geração de biogás, também pode permitir às indústrias economizar outros combustíveis e simultaneamente, contribuir para o controle da poluição ambiental.

Este trabalho consta de estudo sobre o processamento de resíduos orgânicos e a utilização e comparação dos seus subprodutos para uma micro-usina de processamento de frutas.

## **2-Objetivo**

Confirmar o uso de energias alternativas como fontes energéticas viáveis para processos de pequenas escalas, tendo como alicerce fundamentado uma planilha gerada por modelagens para as variantes energéticas do mesmo.

Estudo do consumo de energia da agroindústria local, buscando soluções de sistemas térmicos, econômicos e ecologicamente corretos, aliados a um estudo de viabilidade técnica e econômica com base no aproveitamento de resíduos orgânicos.

## **3-Revisão de pesquisa bibliográfica**

Devido ao elevado desperdício no Brasil, existe atualmente uma grande preocupação em relação aos problemas causados pelas descargas de efluentes líquidos e resíduos sólidos. Esses efluentes podem ser de origem doméstica ou industrial, provocando um desequilíbrio nos níveis de oxidação da água e conseqüentemente morte da população aquática ali existente( Carioca, 1982). Diante desses fatos, surge então mais um importante setor na indústria: tratamento de efluentes e/ou aproveitamento dos mesmos. Destaca-se assim não só a importância de despoluir, mas também, a geração de novas tecnologias a partir de reciclagem desses efluentes o que é a principal preocupação de nossa pesquisa. (Melo, 1994).

Pode-se, resumidamente, dizer que a biodigestão anaeróbia dos resíduos orgânicos é um processo bioquímico que utiliza ação bacteriana para fracionar compostos complexos e produzir um gás combustível, denominado biogás, composto de metano e dióxido de carbono. O local onde se desenvolvem essas reações de decomposição é o digestor ou biodigestor( Nogueira, 1986).

A compostagem é um processo biológico aeróbio e controlado de transformação de resíduos orgânicos em resíduos estabilizados, com propriedades e características completamente



diferentes do material que lhe deu origem. É normalmente realizada em pátios nos quais o material é disposto em montes de forma cônica, conhecidos como pilhas de compostagem, ou montes de forma prismática com seção simular à triangular, denominados leiras de compostagem (Bidone, 1999).

Investigações sobre os sistemas alternativos de geração de energia elétrica têm se concentrado sobre o processo, deixando-se em segundo plano um dos principais objetivos que são os custos. Essa carência é mais evidente no caso de sistemas mais simples e econômicos (Sganzerla, 1993). Neste trabalho foi realizada integração de processo de compostagem e biodigestão visando rápida fermentação.

## 4-Metodologia

O trabalho iniciou-se com uma pesquisa bibliográfica para verificação, estudo e seleção de tecnologias já existentes sobre geração de energia baseada na combustão do metano. Foram adicionados levantamentos sobre substratos e processos de biodigestão, bem como levantamentos sobre compostagem.

O próximo passo foi a seleção e o dimensionamento dos processos e equipamentos utilizados no projeto do biogás. Em fase final, analisamos e comparamos os resultados de uma simulação do funcionamento usando simulador de processo SUPERPRO inteligente INC deste projeto (Pannir Selvam, 1996). Em uma última etapa foi feito um quadro comparativo economicamente, utilizando-se o software Orçamento 2004.

### 4.1-Processo de compostagem

É um processo biotecnológico, desenvolvido em meio aeróbico controlado, realizado por uma colônia mista de microorganismos. Ocorre em duas fases distintas: a primeira, quando acontecem as reações bioquímicas de oxidação mais intensas, predominantemente termofílicas, a segunda ou fase de maturação, quando ocorrem o processo de humificação dos materiais orgânicos compostados, predominando nesta fase reações mesofílicas. (Diagrama 1)

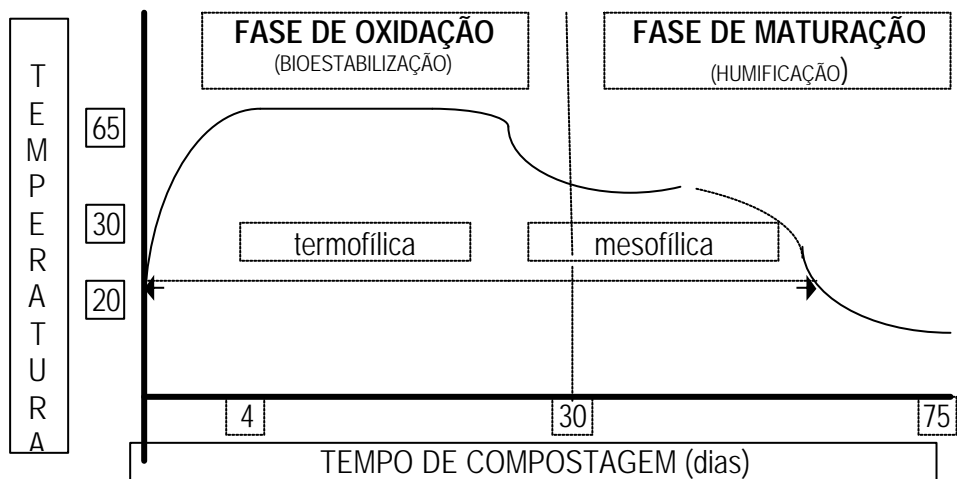


Diagrama das fases da compostagem-Diagrama1

Através de pesquisas via Internet, foi constatado que com a utilização de pré-tratamentos biológicos usando fungos e realizando processo tipo compostagem com relação C/N bem ajustada, o processo de bioconversão aeróbio tradicional é acelerado.

Bate has also found a certain amount of straw and/or vegetable waste to be a valuable addition to his methane raw materials. The manure contributes mainly nitrogen and the straw provides carbon, it seems. The ideal mixture is about 75% droppings (half pig and half chicken) and 25% straw.



Methane brewed up from this formula has a caloric value per liquid pound of 22,000 B.T.U. as compared to gasoline's 19,000, propane's 19,944 and butane's 19,680.

The excreta-straw formula is first stacked up into a compost pile, doused with water and left exposed to the air for about a week of aerobic prefermentation. When this prefermentation is complete, about three hundred pounds of the mixture is shoveled into a heavy steel container (Bate recommends a trash-mongered domestic water heater) and sealed shut. A wait of four, five or even seven days—depending on conditions—is then necessary before fermentation of the first batch starts. If a little of the original mix is left behind as a starter, however, gas production will usually begin within 24 hours for all following batches (Bate's Methane Car, 2000).

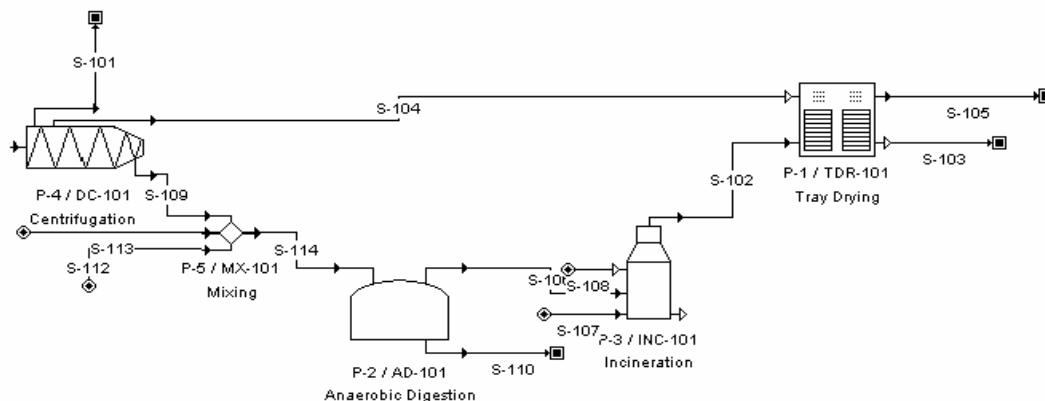
Nosso trabalho baseado nesse projeto descrito anteriormente possibilitou diminuição no tempo de fermentação de 30-40 dias para 5-10 dias.

However, when the raw material is hog or poultry manure in a 1 to 2.5 mixture, the formation of the floating mass is so slow that destruction or recirculation of the thin sludge has to be done only once in about 9 days (Felizardo, 1996).

## 4.2-Simulação de processos

Foi feita uma simulação no Orçamento 2004 utilizando-se como resíduo orgânico principal a casca da banana.

Onde foram feitas análises sobre os agentes de biodigestão que são utilizados durante o processo; selecionou-se os equipamentos utilizados no processo; discriminou-se as informações sobre as correntes de entrada e os parâmetros de processo. Foi feito um fluxograma a título ilustrativo. (Figura 1)



Fluxograma de processo de biodigestão com acoplamento de secador - Figura1

### Descrição do fluxograma

- Centrifugador: no trabalho teve como finalidade separar a polpa e a casca da banana. A primeira sendo levada ao secador e a casca entrando no misturador.
- Misturador: operador responsável pela compostagem dos resíduos orgânicos, tais quais a casca da banana, restos de resíduos vegetais e animais misturados com água, acarretando no aceleração microbiológico do processo antes de ser levado ao biodigestor.
- Biodigestor: equipamento anaeróbio o qual acontecerá a biodigestão dos resíduos mencionados e conseqüentemente a produção do biogás e do biofertilizante.
- Incinerador: funciona como aquecedor para ativar o secador.

## 5-Resultados obtidos



## 5.1-Orçamento dos processos

Foi feita uma simulação no software Orçamento 2004 e obtendo resultados comparativos a cerca da utilização de alguns tipos de energia no processamento de uma agroindústria de frutas, dando ênfase à secagem da banana. (Tabela 1)

Parâmetro	Conglomerado agroindustrial	Micro-usina Banana-passa	Micro-usina Farinha de banana (energia convencional)	Micro-usina farinha de banana (energia solar)	Micro-usina de farinha de banana (biogás)
	Banana-passa				
Capacidade de produção	115,74ton/ano	30 ton/ano	30 ton/ano	30 ton/ano	60ton/ano
Investimento de equi.	R\$ 150000,00	R\$ 6000,00	R\$ 8000,00	R\$ 10.000,00	15.000,00
Investimento fixo	R\$ 81000,00	R\$ 9582,30	R\$ 12776,30	R\$ 15970,00	23995,00
Capital de giro	R\$ 83000,00	R\$ 33000,00	R\$ 35716,00	R\$ 35416,00	67627
Custo de matéria prima	R\$ 450/ton	R\$ 450/ton	R\$ 450/ton	R\$ 450/ton	R\$ 450/ton
Custo de mão de obra	R\$ 220.140,48/an	R\$ 38016,00	R\$ 38016,00	R\$ 38016,00	R\$ 38016,00
Custo de energia	R\$ 14.534,53	R\$ 3780,00	R\$ 3780,00	R\$ 0,00	0,00
Custo de produção	R\$ 385000,00	R\$ 5700,00	R\$ 5990	R\$ 5880,00	4,99
Lucro(anual)	R\$ 530000,00	R\$ 6694,00	R\$ 30199,00	R\$ 33884,00	126813,00
Taxa de retorno	0,3964	0,7	2,36	2,10	5,29

Estudo comparativo de fonte de energia-Tabela 1

Analisando-se os dados da tabela foi constatado cinco cenários diferentes:

Cenário 1: a planilha traz em primeiro plano a relação de custos na produção de banana passa em escala industrial, para traçar um perfil comparativo com as demais projeções, sendo ela retirada de uma fonte estruturada.

Cenário 2: quadro comparativo na produção de uma micro-usina de banana-passa, mostrando razoável lucratividade, no processo.

Cenário 3: a micro-usina de farinha de banana usando energia elétrica se mostrou muito dinâmica, porém ao compararmos os gastos com a energia em função com os lucros são altos, consumindo boa parte da renda.

Cenário 4: a implementação da energia solar trouxe o alento da redução do consumo de energia elétrica, porém compromete a produção, uma vez que só temos energia solar por dez horas por dia.

Cenário 5: a energia proveniente da queima do biogás mostra-se como uma boa concorrente para as demais, uma vez que a mesma agrega as principais vantagens dos outros procedimentos, além de ser a que menos agride o meio-ambiente, além de gerar receita com seu sub produtos(biofertilizante).

## 5.2-Aspectos econômicos

Com os dados retirados da tabela 1 foi plotado um gráfico que descreve a viabilidade econômica dos cinco cenários estudados ( Gráfico 1).

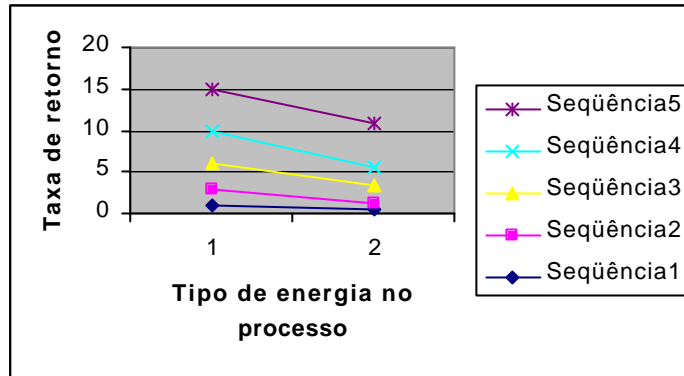


Gráfico do quadro econômico de projeto-Gráfico 1

Onde as seqüências representam os respectivos cenários.

Fazendo-se uma análise comparativa é observado que o cenário 5 é o mais viável, uma vez que apresenta uma maior taxa de retorno anual, viabilizando o uso do biogás.

### 5.3-Análise da produção do biofertilizante relacionado com a produção do biogás

É percebido o grande valor agregado na produção do fertilizante líquido e sólido. (Tabela 2)

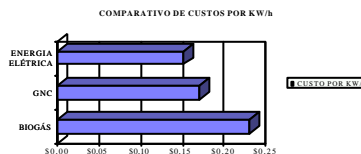
Product	Pesos
From Fuel-Gas	1,095,000.00
From Liquid Fertilizer	3,448,000.00
From Solids	3,832,000.00
<b>Total</b>	<b>8,375,000.00</b>

Total return providing full use of all by-products is made (Felizardo, 1983).Tabela 2

Estamos realizando no momento o estudo de estimativa destes produtos no Brasil.

### 5.4-Comparação energética

#### COMPARATIVO DE CUSTO POR Kw/h



Custo de produção de energia usando biogás - Gráfico2( Pannir,1996)



**AGRENER**  
**GD**

## **6-Conclusões**

De acordo com os estudos comparativos a partir de simulações econômicas realizadas pode-se afirmar que a produção de biogás para a produção de energia elétrica torna-se inviável, uma vez que a produção nas simulações referida teve baixo rendimento, sendo viável apenas para a subsistência local. Por outro lado a produção de biofertilizante líquido e sólido tornam o processo bastante atrativo.

## **7- Bibliografia**

- [1]NOGUEIRA, L.H.A; Biodigestão- A Alternativa Energética. Edição São Paulo.1986.
- [2]BIDONE, F.R.A; Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos. Edição São Carlos-SP, 1999.
- [3]CARIOCA, J. O. B. E Arora, H.L. Biomassa- Fundamentos e Aplicações Tecnológicas. Edição UFC/BNB.1985.
- [4]MELONI,PEDRO LUÍS SANTOS; Como Montar uma Pequena Fábrica de Frutas Desidratadas, Viçosa, CPT, 1998 42 pgs.
- [5]KLASS,D.L; Fuel from Biomass, In: Encyclopedia of Chemical Tecnology, v. 12, p.16 – 110, 4 ed., Willy Interscience, New York, 1992.
- [6]COSTA, J. M.; Construção e operação de secador para produtos agrícolas, Filmes CTP.
- [7] FELIJARDO; Agronegócio, ASSET, abstract of selected solar energy tecnology PANNIR.1996.