



## 3<sup>rd</sup> INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

---

“CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD”

# Estudo de Tecnologia Limpa da Produção de Energia e Ração Animal com o Uso de Agro Resíduos da Cana de Açúcar e Biosistema Integrado

M. C. A. Neto <sup>a</sup>, M. M. Cansian <sup>a</sup>, A. H. F. Costa <sup>a</sup>, J. M. Santos <sup>a</sup>, P. V. Pannirselvam <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departamento de Engenharia Química /CT. Grupo de Pesquisa Engenharia de Custo e Processos Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN. 59078400. Brazil.

---

### Resumo

A atividade econômica desvinculada da produção de agro energia e produção de ração animal no Brasil apresenta baixa sustentabilidade tecnológica, econômica e ecológica. O objetivo principal desta proposta é o desenvolvimento de tecnologias inovadoras, buscando solução para esta problemática com o uso de biomassa residual para uso na produção limpa de Bioenergia e ração animal em pequena escala. A proposta envolve o estudo multidisciplinar da cadeia produtiva com tecnologia limpa, tanto na produção de ração de custo baixo, como no processo de obtenção de matéria prima com a participação das usinas canavieiras do RN em todas as fases do projeto. Neste estudo serão selecionadas comunidades e projetadas micro usinas para produção de ração, biohidrogênio e biogás. Através de estudo de caso de aproveitamento de resíduos sólidos, o presente trabalho usa métodos inovadores de análise e síntese de processos tanto para geração de energia nas pequenas comunidades rurais como na transformação de resíduos em ração de baixo custo com uso de energia solar e biogás de forma integrada para secagem da ração. Neste contexto usa-se os desenhos dos projetos tecnológicos adequados de baixo custo e de fácil implementação, utilizando ferramentas de software de desenvolvimento de tecnologia limpa em simulação, na otimização de projetos de micro usinas de produção de ração. Foram obtidos resultados sobre os diversos parâmetros relacionados com a viabilidade econômica e com o uso de energia limpa de biogás e energia solar para substituição da lenha. Para cada rota tecnológica desenhada, serão analisados diversos cenários de produção de ração, baseado na matéria prima do bagaço da cana de açúcar. Este sistema de desenho inovador será divulgado via internet e a difusão da tecnologia será feita em parceria com empresas colaboradoras através da implantação de uma unidade piloto para a comunidade, incluindo micro-empresários e produtores rurais. Os produtores serão capacitados para construir e operar micro usinas de produção de ração visando atingir o mercado local de melhoria das características nutricionais do bagaço e da produção de farinhas nutritivas de proteínas de origem animal e vegetal, resíduo de lodo do biodigestor, com fórmulas inovadoras de baixo custo usando ferramenta computacional, como forma de substituir as rações convencionais.

**Palavras-chave:** biodigestor, cana de açúcar, bioenergia.

---

“CLEANER PRODUCTION INITIATIVES AND CHALLENGES FOR A SUSTAINABLE WORLD”

São Paulo – Brazil – May 18<sup>th</sup>-20<sup>nd</sup>th – 2011

## 1 Introdução

Entende-se, que no modo de produção atual - tanto primária como industrial - existem pelo menos duas características comuns e estas dizem respeito ao desperdício de matérias primas e de energia. O desejo de minimizar ou eliminar as causas e os efeitos desta situação são os principais objetivos da tecnologia limpa. Com a sua adoção, certamente haverá alterações no meio ambiente, contudo, tais impactos começam a ser revistos, objetivando-se a sua minimização e/ou eliminação. Neste campo, através dos trabalhos de pesquisa realizados anteriormente, conseguimos resultados bastante satisfatórios, a saber: I- Modelagem Computacional de Processos e Tecnologia Limpas, II- Otimização e Simulação de Custos e Processos, III- Modelagem Computacional, Simulação Estocástica de Monte Carlo e Análise de Risco.

Com a utilização desta ferramenta escolhemos o projeto de aproveitamentos de resíduos agrícolas, animal e agro industrial para aplicação nos seguintes campos de pesquisas: I- Biotecnologia Industrial: Processamento de Resíduos em pequena escala com uso energia de biomassa e solar; II- Biomassa: Biodigestores Anaeróbicos para Produção de ração e biogás voltada para demanda energéticas de processamentos de cadeia produção de peixe; III- Formulação de ração animal de custo mínimo baseado programação linear e algoritmo genético.

O projeto proposto permite reduzir os riscos dos projetos de valorização da biomassa, possibilitando a capacitação tecnológica dos recursos humanos das áreas de simulação industrial e engenharia ambiental, onde carências já identificadas. Permite também contribuir para a modernização de pequenas empresas que estejam enfrentando problemas e atuem na área de alimento, energia e ambiente para viabilizar o desenvolvimento local sustentado na região semi-árida.

Este projeto também busca uma solução para a saúde e segurança alimentar das comunidades rurais não assistidas possibilitando a produção de alimentos alternativos de baixo custo. Dentro deste contexto e tendo em vista que a comunidade de pesca e Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural EMATER-RN dispõe de uma infra estrutura mínima que pode ser aproveitada num projeto com este enfoque, decidiu-se, juntamente com a Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, através dos Departamentos de Engenharia Química e Agropecuária, elaborar o presente trabalho.

Na forma mais ampla, o termo agricultura, além da atividade agrícola, abrange a produção animal, o manejo de recursos pesqueiros, incluindo a aqüicultura, e o recurso florestal. Os modelos de desenvolvimento econômico, apesar das mudanças ao longo da história das sociedades, dirigiram-se para o consumo dos recursos naturais indiscriminadamente, ou seja, não havendo uma real preocupação com a sustentabilidade destes sistemas, com os impactos ambientais e conseqüências em âmbito local e/ou global. Tendo em vista as problemáticas ambientais geradas criou-se o conceito de desenvolvimento sustentável, que é a busca simultânea da eficiência econômica, da justiça social e da harmonia ambiental. A indústria, e demais atividades, deverão produzir mais com menos recursos, adotando tecnologias limpas e difundindo o conhecimento destas tecnologias (CASAGRANDE, 2003).

Nesse contexto, tentativas de adequações ao desenvolvimento sustentável vem sendo praticadas em todas as localidades do mundo. Uma delas é o ZERI - "Zero Emissions Research & Initiatives". O ZERI trata-se de uma rede global que procura soluções para os desafios mundiais, atuando de forma a conceituar os resíduos como recursos e buscar construir soluções inspiradas nos princípios de ciclos que a natureza utiliza. O conceito de Emissões Zero representa o entendimento de que todo e qualquer resíduo de um processo deverá constituir-se em insumo de um outro processo, agregando valor aos processos (ZERI, 2006). Diante dessa realidade, viabilizar a continuação da agricultura e da pecuária exige a racionalização de recursos, surgindo daí à proposta de sistemas integrados de produção.

Os biosistemas integrados permitem o estabelecimento de ligações funcionais entre a agricultura, a pecuária, a produção de energia, a transformação de alimentos, a gestão de resíduos, a utilização da água e a geração de combustível. Eles também incentivam a dinâmica dos fluxos de materiais e energia por meio do tratamento dos resíduos e subprodutos de uma atividade para uso como insumo em outra. Nesta integração, o principal benefício econômico é claramente a produção e a comercialização de produtos, sem qualquer aumento no consumo de energia. Paralelamente, ocorre o aproveitamento de efluentes, ricos em nutrientes, para a irrigação.

A utilização da água somente para um único fim, como para a irrigação, é intrinsecamente ineficiente, e os destacados benefícios do sistema integrado agricultura-aquicultura, por exemplo, em substituição à tradicional agricultura irrigada, são considerados lógicos e inevitáveis para o agronegócio. Essa integração pode promover tanto a recuperação integral dos custos de utilização de água, quanto uma maior produção a partir desse valor de uso da água.

Todo este ciclo, em cascata de tratamento de resíduos e de geração de receita, entra em um circuito de retroalimentação dentro do conceito emissão zero (ZERI), de biosistema integrado. Isto significa que mais renda é gerada com poucos investimentos adicionais, com produção de mais alimentos e energia, mais empregos, sem matérias primas extras e sem gerar resíduo, embasando a presente proposta de forma social, econômica e ambiental.

A aplicação contínua da estratégia preventiva e integrada a processos, produtos e serviços, a fim de reduzir os riscos para a saúde e o meio ambiente, conduzindo a um melhor desempenho ambiental e econômico, se enquadra também no conceito de Produção Limpa (PmaisL). O Biosistema é uma etapa para a produção mais limpa à medida que implica numa mudança de atitude, exercício de gerenciamento ambiental responsável e avaliação de opções tecnológicas.

A implantação de Biosistemas Integrados como prática de ecoeficiência é, sobretudo, um exemplo de responsabilidade social corporativa e de sustentabilidade proporcionando um equilíbrio integrado de criação de emprego, redução da pobreza, segurança alimentar, segurança energética e conservação de água para as diversas regiões do Rio Grande do Norte.

*Bagaço de cana-de-açúcar: importante alimento para o gado no período de seca no Nordeste.*

No exacerbar de uma seca no Nordeste, dentre as mazelas oriundas desse flagelo, torna-se evidente no campo a falta, quase que completa, do volumoso indispensável à alimentação dos animais. Aliás, produzir os alimentos indispensáveis à vida humana e animal, em tal situação, tem-se tornado um desafio constante a ser enfrentado por aqueles que residem nos limites do Semi-árido. Nesse sentido, e com o propósito de salvar os rebanhos da fome, alternativas promissoras têm sido evidenciadas no Nordeste, a exemplo do uso do bagaço de cana-de-açúcar, como fonte mantenedora da alimentação dos animais em patamares satisfatórios. Medidas nesse sentido foram postas em prática, desde a década de 70, através de ensaios realizados pelo saudoso químico paraibano, Sebastião Simões Filho, o qual desenvolveu, juntamente com um primo-irmão, Manelito Dantas Vilar, no município de Taperoá (PB), a técnica de hidrólise química do bagaço da cana de açúcar, através do uso da cal hidratada, para a quebra de suas células ricas em lignina e, com isso, permitir uma maior absorção de nutrientes, existentes naquele material, pelo rúmen dos animais. Tal tecnologia, aliada à uréia, proporcionou um importante avanço nas condições atualmente existentes para o seguro da pecuária nos períodos secos, trazendo a solução para o grave problema que aflige a maioria dos pecuaristas nordestinos, qual seja, o da manutenção de seus rebanhos, quando da ocorrência de secas periódicas.

Apesar de ser uma tecnologia apropriados já comprovada na prática, e havendo diversos estudos para a questão nutricional da pecuária nordestina, falta à mesma um estudo visando aproveitamento de bagaço de cana tanto para ração animal como também para produção de energias. Está carecendo, portanto, de um estudo de viabilidade para dar consistência econômica, ecológica e material a essa importante alternativa de produção e sustentabilidade.

#### *Problema da Produção de energia e ração animal de bagaço de cana*

O bagaço de cana-de-açúcar, considerado o maior resíduo da agro indústria brasileira, embora seja utilizado como combustível para as caldeiras das próprias usinas, produz em sobra um excedente equivalente a 20% do total gerado. A questão da queima do material esta ligada ao Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, criado através da Lei 10.438, de 26 de abril de 2002, que vem estimulando os investimentos das usinas sucroalcooleiras na co-geração de energia elétrica a partir do bagaço. Por essa lei, a Eletrobrás compra MW das três fontes previstas - biomassa, eólicas e pequenas centrais hidrelétricas, passando as fontes alternativas de energia a integrar, oficialmente, a matriz energética nacional.

Com a existência dessa nova política, que assegura um maior volume de bagaço para fins energéticos, fica evidente a fragilidade dos pecuaristas nordestinos diante da necessidade de aquisição desse subproduto da cana para fins de alimentação dos seus rebanhos. A prioridade que é dada hoje ao setor energético, supera toda e qualquer iniciativa de seu uso no setor agropecuário. Além da sua importância nutritiva, os produtos da pecuária desempenham um papel social em países em desenvolvimento como o Brasil, principalmente na geração de empregos, pois são produzidos principalmente em pequenas propriedades rurais, em que a quase totalidade da mão de obra empregada é familiar.

É difícil imaginar o desperdício das mais de 500 milhões de toneladas de subprodutos e resíduos agros industriais produzidos pela América Latina, das quais o Brasil produz mais da metade. Embora esses materiais volumosos sejam pobres em nutrientes, eles podem suprir em parte as necessidades energéticas dos animais, se previamente tratados e melhorados para este fim. Esse tem sido o foco principal dos grupos de pesquisa que buscam incansavelmente soluções sistemáticas quanto ao aproveitamento dos subprodutos e resíduos na alimentação animal, uma vez que, esses materiais, quando adequadamente tratados e tecnicamente orientados na alimentação animal podem representar um enorme benefício à população mundial.

As restrições de uso dos subprodutos e resíduos estão embasadas no fato de que esses alimentos podem apresentar uma baixa digestibilidade, e frequentemente possuem pouca palatabilidade, razão pela qual sua ingestão voluntária é limitada. Isto dificulta o atendimento das necessidades dos animais que as consomem, quando administradas como fonte única de nutrientes. Materiais lignocelulósicos, quando são administrados na alimentação animal, sem um prévio tratamento proporcionam insuficientes quantidades de minerais, energia e proteínas para manter sequer o peso corporal dos animais.

Algumas maneiras práticas de melhorar o aproveitamento dos materiais fibrosos na alimentação animal são conhecidas, dentre elas o tratamento químico é uma das mais difundidas. A técnica é de fácil manuseio, relativamente barata e bastante acessível aos produtores.

No Brasil, a cultura da cana de açúcar merece destaque como geradora de resíduos passíveis de aproveitamento na alimentação animal, particularmente pelo grande incentivo às usinas produtoras com o advindo da ascensão do etanol. Diante disso, ao longo dos últimos anos inúmeros esforços têm sido feitos no sentido de explorar plenamente o seu potencial como um produtor de biomassa. Os estudos a esse respeito dividem-se em quatro categorias: A) Aumentar o valor nutritivo para ruminantes; B) Extração e a conversão de açúcares da hemicelulose; C) Conversão da celulose e hemicelulose em açúcares fermentáveis; e D) Processos termo-químicos de conversões de energia, construção materiais e produtos químicos. Para a primeira das categorias os trabalhos têm, em diferentes abordagens, a intenção de promover tratamentos em condições ácidas e alcalinas, muitas vezes seguidos por tratamento enzimático, para alterar a estrutura química da biomassa.

Dentre os tratamentos utilizados, os químicos são os mais empregados, todavia apresentam limitações: o hidróxido de sódio diminui a eficiência na digestão da fibra; a amonização apresenta dificuldade no manejo e risco de intoxicação; a uréia, seus efeitos sobre os constituintes da parede celular têm sido contraditórios. Entretanto, o tratamento físico de vapor sob pressão (BAH) é o que apresentou aumento do valor nutritivo do material tratado, e pode ser economicamente viável, desde que seja tratado na própria usina.

Desta forma, este artigo, além da questão do alimento e biocombustível rural, trata do projeto do sistema de sustentabilidade para empreendimentos rurais com projetos baseados na produção de bioenergia a partir de resíduos de biomassa, utilizando equipamentos de processamento inovadores concepção e otimização de processos usando desenho de conceito de produção mais limpas.

## 2 Descrição dos Processos e resultados

O arranjo detalhado do projeto e a viabilidade econômica do sistema integrado foi criado depois de muitos esforços de desenvolvimento e análise dinâmica de vários projetos-piloto preliminares usando método de e produção mais limpas e sistema gestão ambiental desenvolvidos pelo SENAI, Serviço nacional de Aprendizagem Nacional e grupo de pesquisa de engenharia de custo e processos GPEC, UFRN Universidade Federal do Rio grande Norte. O material, energia e fluxo dos modelos do processamento de alimentos complexo integrado a pequenas produções de energia foram inicialmente modelados usando planilha eletrônica do Excel e atualizados no modelo de sistema assistido por computador para modelagem e simulação do processo, SUPERPRO, inteligente Inc..

Os tratamentos químicos e físicos utilizados para melhorar a qualidade do bagaço de cana de açúcar, visam eliminar ou diminuir os efeitos prejudiciais da lignina sobre a degradação de compostos celulósicos pelos microrganismos do rúmen, promovendo a ruptura das complexas ligações químicas daquele componente com a celulose e hemicelulose, disponibilizando o material, teoricamente, para adesão da população microbiana e ataque enzimático fibrolítica (VAN SOEST, 1994).

Resultados encontrados por Nogueira Filho et al. (2002), mostraram que os tratamentos químicos e físicos do bagaço de cana interferiram no grau de colonização da fauna e no pH ruminal, interferindo no seu aproveitamento pelos ruminantes. Dentre os métodos existentes, os que são usados em maior escala, destacam-se os tratamentos químicos com hidróxido de sódio, amônia e uréia e o tratamento físico com vapor sob pressão.

Testes com o bagaço de cana sob condições ácidas têm sido mais comuns, mas o pré-tratamento alcalino seguido pelo tratamento com celulasas foi encontrado em um estudo comparativo para dar maior rendimento de açúcar, presumidamente afetando a ruptura dos grupos éster acetil ligação às principais componentes da solubilização de biomassa e degradação parcial da lignina. Além disso, alguma hidrólise da hemicelulose é inevitável em condições ácidas, expondo os monossacarídeos para degradação de ácidos, à toxicidade e à diminuição do teor de açúcar e aumento dos ácidos hidrolisados. Especificações químicas no pré-tratamento alcalino para neutralizar o ácido acético e outros ácidos orgânicos, liberados a partir da biomassa ou gerados durante o tratamento, severamente limitam a escolha do alcalóide em um ambiente industrial. Assim sendo, a cal é claramente favorecida devido ao seu baixo custo, impacto ambiental benigno e a familiaridade da indústria da cana com o seu uso.

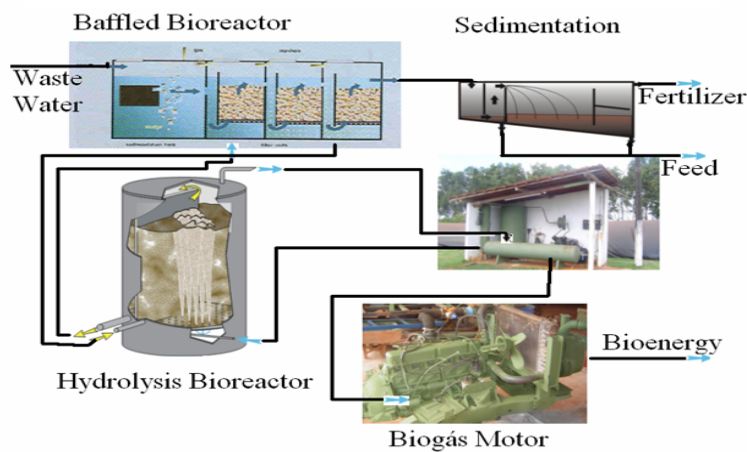


Fig. 1. Sistema Integrado

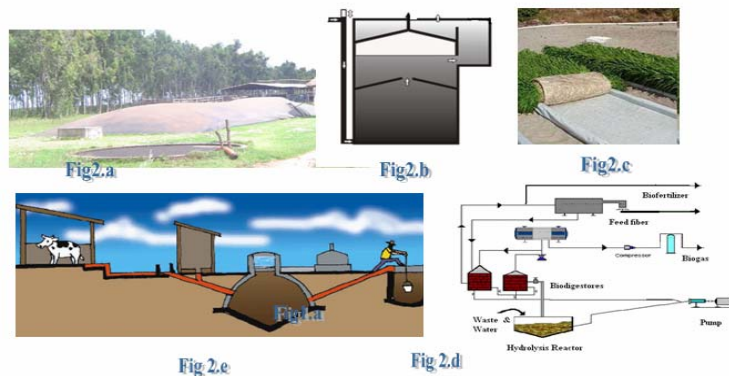


Fig. 2. Modelos de diversos biodigestores

### Preparação da Biomassa

A biomassa do bagaço de cana utilizado em usinas de açúcar deve passar por uma máquina trituradora para que seja reduzido tamanho das partículas, seguido por moinho de três cilindros, igualmente como ocorre nos projetos comerciais de usinas de cana, onde é necessário reduzir ainda mais o tamanho das partículas de biomassa para extrair ao máximo o caldo da cana, que contém principalmente glicose e frutose e é prontamente fermentada para etanol. A biomassa preparada é então armazenada dentro de recipientes de plástico, onde rapidamente seca para aproximadamente 10% de umidade e permanece estável por longos períodos de armazenamento.

### Pré-tratamento da biomassa com cal e vapor

A impregnação com cal deve ser feita a nível de 20% em recipientes, mantidos sem agitação e à temperatura ambiente. As quantidades de biomassa armazenadas são misturados em recipientes de plástico com uma quantidade predeterminada de água deionizada, levando em conta a umidade residual da biomassa, e o grau técnico cal hidratada, misturado e colocados de molho em temperatura ambiente antes do tratamento com vapor. A biomassa tratada com cal é acidificada até pH próximo de 5 com ácido clorídrico concentrado. A acidificação

antes da hidrólise enzimática é obrigatória no pré-tratamento alcalino a fim de satisfazer os requisitos de pH das enzimas celulolíticas. Portanto, isso não faz aumentar o produto químico requisitos do processo global, mas pode ajudar a hidrólise da hemicelulose.

Tal como acontece com a composição, em termos de açúcar, o aumento da dose de cal hidratada ou redução de carga de sólidos durante a impregnação melhora o rendimento, enquanto o efeito da temperatura parece ser apenas secundário, impedindo qualquer ação microbiana em 90 ° C, e em temperaturas mais baixas que põe em prontamente às doses de calcário a menos de 10%. Baixa carga de sólidos durante a impregnação parece levar a maior produção de açúcar, mas a partir do ponto de vista do design industrial, por causa das exigências de tamanho para a instalação de impregnação, 10% sólidos é considerado como o mínimo para um processo viável.

Nessa proposta de processo onde o bagaço é tratado com vapor, a elevadas temperaturas e pressões, para a remoção de pentoses objetivando agregar valor ao processo e aumentar a relação CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>, temos desenvolvido um pré-tratamento a ser aplicado na biomassa lignocelulósica antes de sua digestão, aproximadamente 80% do total da hemicelulose pode ser removida facilmente da biomassa através de explosão com vapor (KLASS, 1992) e os açúcares resultantes, pentoses, podem gerar aproximadamente 150 litros de etanol (94%) por tonelada de biomassa seca. O resíduo sólido obtido, fração celulose-lignina, é misturada com o vinhoto para a produção de biogás. O pré-tratamento é muito importante para o aumento do rendimento de biogás e da relação CH<sub>4</sub>/CO<sub>2</sub>.

O tratamento com vapor sob pressão é o que apresenta resultado mais efetivo em termos de aumento do valor nutritivo. Este tratamento é realizado no recinto da própria indústria devido à disponibilidade do vapor a menor custo, proporcionando um custo do processamento de R\$ 2,50/ ton, o que equivale a um valor 10 vezes mais barato que o tratamento com hidróxido de sódio e 6 vezes mais baixo que o tratamento com amônia (3%). As indústrias o têm preferido e adotado em larga escala e o resíduo assim tratado é chamado de bagaço de cana auto-hidrolisado (BAH). Marcos et al. (1984) e Burgi (1985) trataram bagaço de cana com pressão e vapor e, embora os valores de pressão e tempos de tratamento tenham sido diferentes entre si, observaram incremento na DIVMS em relação ao bagaço in natural.

#### *Tratamento com hidróxido de sódio*

Segundo Pires et al. (2006), o valor nutritivo do bagaço de cana é melhorado com a adição de NaOH, comprovado pela redução nos constituintes da parede celular e pelo aumento na DIVMS. Embora seja um dos tratamentos químicos mais utilizados (MATTOS, 1987), apresenta uma série de limitações: a) o efeito da diluição sobre a população de microrganismos, devido à intensa ingestão de água, provoca uma menor eficiência na degradação da fibra, b) aumento da velocidade de passagem do alimento, refletindo no decréscimo do tempo de retenção no rúmen, c) aumento de excreção urinária eliminando assim o excesso de sódio ingerido, o qual pode resultar em acúmulo no solo, e d) influi negativamente, no balanço mineral, aumentando a absorção do Na pela parede celular no rúmen e diminuindo as atividades das bactérias celulolíticas,



proporcionando assim um decréscimo na digestão das fibras potencialmente digestíveis no rúmen (TEIXEIRA, 1990).

#### *Tecnologias de digestão anaeróbica e produção de biohidrogênio e biogás*

Digestão anaeróbica tem sido tradicionalmente utilizada na China e Índia (PANNIRSELVAM, 1998). Esta tecnologia tem sido muito aplicada em vários projetos e plantas industriais em plena execução na Europa (GASPAR, 2003; DEGANUTTI, 2001). A co-digestão de resíduos domésticos, esterco e de resíduos de destilarias tem sido praticado industrialmente na Suécia. Uma planta combinada para geração de vapor e energia teve seu início também na Suécia em 1993, usando 30.000 t/ano de esterco e 5.000 t/ano de resíduo orgânico de indústria como substratos.

### 3 Proposta

A proposta do pré-tratamento em duas etapas com combinação de baixa temperatura de impregnação de cal seguido e pela baixa severidade do tratamento de explosão a vapor em um pH moderado (~5), e considerada eficaz para pré-tratamento da biomassa da cana deve ser considerada. Desenvolvimento de biodigestores com objetivo de produção de ração animal, energia via biohidrogênio e biogás de baixa custos.

### 4 Conclusão

O processo descrito satisfaz as diretrizes internacionais para o desenvolvimento sustentável baseado no uso de tecnologias limpas, caracterizado como projeto de digestão anaeróbica no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, disponibilizando aos produtores um insumo energético e de baixo custo (biogás resultante da digestão), e o enfrentamento a problemática da escassez de alimento para ruminantes ao longo do ano melhorando o potencial de utilização do bagaço de cana consolidando o seu aproveitamento.

### 5 Referências Bibliográficas

- Burgi, R.** Produção do bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp. L.) auto-hidrolisado e avaliação do seu valor nutritivo para ruminantes. In: *M.Sc. Thesis*, ESALQ-University of São Paulo, Piracicaba (1985), p. 60.
- Casagrande, Luiz** Fernande. Avaliação descritiva de desempenho e sustentabilidade entre uma granja suinícola convencional e outra dotada de Biosistema integrado (B.S.I.). Dissertação de Mestrado. PPGEP/UFSC. Florianópolis, 2003.
- Denagutti, Roberto.** Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 8., 2001, Bauru. Anais eletrônicos do VIII simpósio de engenharia de produção. Bauru: UNESP, 2001.

- Gaspar**, Rita Maria Bedran Leme. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais, com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-PR. Dissertação de Mestrado. PPGEP/UFSC. Florianópolis, 2003.
- Klass**, d. I., *Fuel from Biomass*, In: Encyclopedia of Chemical Technology, v. 12, p.16 – 110, 4 ed., Willy Interscience, New York, 1992.
- Marcos**, A.C.M., LEME, P.R., BOIN, C.. Efeito do tempo de tratamento a pressão de vapor na composição química e na digestibilidade in vitro da matéria seca do bagaço de cana-de-açúcar. Zootecnia, 22:383-395, 1984.
- Mattos**, W.R.S. Utilização do bagaço de cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO PAULISTA DE AGRONOMIA, 6., Piracicaba. Anais... Piracicaba, p. 99-112, 1987.
- Nogueira Filho**, J. C. M. N.; LEME, P. R.; COALHO, M. R. et al. Efeitos do bagaço de cana-de-açúcar tratado com diferentes agentes químicos e físicos sobre a fauna ruminal de novilhos nelore. CD ROM Anais da XXXIX Reunião da SBZ, 2002. Recife-PE.
- Pannirselvam, P.V.** et. al., Process, cost modeling and simulations for integrated project development of biomass for fuel and protein, *Journal of scientific & industrial research*, vol. 57, Oct & Nov, Pp. 567-574. 1998.
- Pires**, A.J.V., REIS, R.A., CARVALHO, G.G.P., SIQUEIRA, G.R., BERNARDES, T.F. Bagaço de cana-de-açúcar tratado com hidróxido de sódio. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.3, p.953-957, 2006 (supl.).
- Teixeira**, J.R.C. Efeito da amônia anidra no valor nutritivo da palha de milho mais sabugo e do capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. Camerom fornecidos a novilhos nelore em confinamento. Viçosa, MG, UFV, 1990. 97p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1990.
- Van Soest, P.J.** Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press, Ithaca, N.Y. 1994.
- ZERI** – Zero Emissions Researchs & Initiatives. Fundação ZERI Brasil. Disponível em: [www.zeri.org.br](http://www.zeri.org.br). Acessado em: 15 de jul. de 2010.