

MARCOS AUGUSTO BARTH TUCUNDUVA

**DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO DE USO INDUSTRIAL DE RESÍDUOS
ORGÂNICOS LÍQUIDOS PARA FABRICAÇÃO DE BIOGÁS (METANO);
FERTILIZANTE SÓLIDO ORGÂNICO, ORGANOMINERAL E/OU FONTE DE
NUTRIENTES PARA PLANTAS E PARA OBTENÇÃO DE ÁGUA REUTILIZÁVEL
EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS**

**PALOTINA
2012**

MARCOS AUGUSTO BARTH TUCUNDUVA

**DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO DE USO INDUSTRIAL DE RESÍDUOS
ORGÂNICOS LÍQUIDOS PARA FABRICAÇÃO DE BIOGÁS (METANO);
FERTILIZANTE SÓLIDO ORGÂNICO, ORGANOMINERAL E/OU FONTE DE
NUTRIENTES PARA PLANTAS E PARA OBTENÇÃO DE ÁGUA REUTILIZÁVEL
EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
conclusão do Curso Superior de
Tecnologia em Biocombustíveis da
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Brener Magnabosco
Marra

**PALOTINA
2012**

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	III
LISTA DE FIGURAS	IV
RESUMO	V
1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVO	8
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1 Agronegócio	9
3.2 Resíduos da agroindústria e seus riscos	9
3.3 Tratamento e Aproveitamento energético dos resíduos	10
3.4 Biodigestão anaeróbica	11
3.5 Sistema hidropônico oxigenado tipo “Wetland”	13
3.6 Compostagem	14
3.7 Demanda energética nacional	16
3.8 Demanda nacional de fertilizantes	17
4 PATENTE DE INVENÇÃO	18
4.1 Elaboração da Patente de Invenção	18
4.2 Descrição da Patente de Invenção	19
4.3 Etapas do processo	21
4.4 Vantagens da Patente de Invenção	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6 CONCLUSÃO	26
7 REFERÊNCIAS	27
8 APÊNDICE	30
8.1 Patente de Invenção	30
8.1.2 Relatório Descritivo	34
8.1.3 Reivindicações	45
8.1.4 Desenho	47

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 Produção e potencial energético dos resíduos sólidos agrossilvopastoris.....	10
---	----

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Etapas da biodigestão	12
FIGURA 2 Gráfico sobre fases da compostagem	15
FIGURA 3 Projeções da demanda total de energia elétrica e do PIB.....	16
FIGURA 4 Oferta e Demanda de Fertilizantes 1998-2010.....	17
FIGURA 5 Fluxograma geral do processo.....	21

RESUMO:

O presente documento é o resultado de um trabalho realizado durante o período de estágio obrigatório relativo ao 7º Semestre do curso de Tecnologia em Biocombustíveis da Universidade Federal do Paraná - *Campus* Palotina e que foi depositado como patente de invenção no Instituto Nacional de Propriedade Industrial através da Agência de Inovação da UFPR. Descreve um novo processo de uso industrial de resíduos orgânicos líquidos, especialmente os resíduos líquidos agroindustriais e agropecuários, a fim de produzir biogás e fertilizante sólido e para obtenção de água reutilizável em sistemas agroindustriais. Consiste em submeter os resíduos orgânicos líquidos em biodigestores para produção de metano; o efluente sendo conduzido até um reator químico, onde recebe flocculantes e surfactantes para remoção de sais minerais. O efluente do reator químico é conduzido até tanques hidropônicos oxigenados para cultivo de algas macrófitas que fixam e utilizam os nutrientes do resíduo líquido como fonte nutricional, portanto removendo sais e obtendo água reutilizável. O decantado ou flocculado do reator químico e as algas macrófitas cultivadas são conduzidas até o secador de resíduos orgânicos e posteriormente submetidos à compostagem físico-química-mecânica para produção de fertilizante sólido orgânico, organomineral e/ou fonte de nutrientes para plantas. Assim há uma nova aplicação e conjugação dos princípios e equipamentos já conhecidos, e com resultados novos como a produção metano, fertilizantes sólidos e a obtenção de água reutilizável em sistemas agroindustriais.

Palavras-chaves: resíduos, reutilizável, produção, conjugação.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil sempre teve como base de sua economia a agropecuária e mais recentemente, com a industrialização do país, a agroindústria. Isso se deve, principalmente, a disponibilidade de espaço, a riqueza de recursos naturais e do solo do país. Mas com o crescimento econômico e o aumento da demanda há cada vez mais a necessidade do aumento de produtividade, ou seja, maior produção no menor espaço possível. Para que isso ocorra, precisa-se primeiro resolver os problemas existentes e que se tornam obstáculos para a expansão dos setores.

Um dos grandes problemas é a geração de resíduos, que não podem ser simplesmente descartados, necessitam de um tratamento, onerando os produtos e serviços. No caso da agroindústria e agropecuária destacam-se os resíduos orgânicos líquidos, que podem ser considerados poluentes caso não tratados adequadamente.

Nesse contexto, buscou-se propor uma alternativa para o tratamento desses resíduos de forma que houvesse o aproveitamento do potencial energético e como fonte de nutrientes que estes efluentes possuem. Assim, há a transformação de um resíduo em matéria-prima para a produção de energia e fertilizante, ambos produtos com alta demanda no país.

Os fertilizantes são, atualmente, uma preocupação mundial, pois são derivados de minerais cujas jazidas podem se esgotar em algumas décadas. A situação é pior ainda para o Brasil, que possui boa parte da economia baseada na agricultura e importa mais da metade da quantidade de fertilizante que necessita, sendo de grande interesse o desenvolvimento de tecnologias nacionais para a obtenção deste importante insumo.

Já a produção de energia e diversificação da matriz energética são assuntos constantes na mídia e de grande preocupação para o governo, porque o Brasil teve um grande crescimento econômico nos últimos anos e conseqüentemente um aumento no consumo de energia. Porém, a produção de energia não cresceu no mesmo ritmo e se tornou um possível impedimento para um maior desenvolvimento do país.

Portanto, este trabalho mostra uma alternativa para o tratamento da imensa quantidade de resíduos gerados na agropecuária e agroindústria, aproveitando o potencial destes efluentes para a produção de energia e fertilizante.

2 OBJETIVO

Descrever a patente de invenção que visa propor um processo para o tratamento de resíduos orgânicos líquidos com a geração dos seguintes produtos: fertilizante sólido orgânico, organomineral e/ou fonte de nutrientes para plantas; biogás; água com características físico-químicas apropriadas para a reutilização em processos industriais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Agronegócio

Define-se formalmente o agronegócio como sendo o conjunto formado pela sucessão de atividades vinculadas à produção e transformação de produtos agropecuários e florestais (MULLER, 1989). Esse conjunto de atividades agrícolas e industriais são interdependentes, mas heterogêneos quanto ao grau de importância na evolução do complexo. Esta definição foi batizada pelo termo “agribusiness” por DAVIS & GOLDBERG (1957), que o descreveram como sendo a “soma total das operações de produção e distribuição de suprimentos agrícolas; as operações de produção na fazenda; e o armazenamento, processamento e distribuição dos produtos agrícolas e itens produzidos a partir deles”.

3.2 Resíduos da agroindústria e seus riscos

A agroindústria é um dos segmentos mais importantes da economia brasileira, porém produz consideráveis quantidades de rejeitos sólidos e líquidos durante todo seu processo produtivo (LEUCENA e CHERNICHARO, 2005).

Para VALLE (2004), os riscos de contaminação de comunidades vizinhas, principalmente quando são atingidos o solo e os corpos d’água, podem assumir graves proporções. Falhas operacionais de ocorrência gradual e quase sempre previsíveis podem se transformar em grandes impactos ambientais se não forem identificados a tempo.

Diante deste contexto, leis de crimes ambientais e do gerenciamento dos recursos hídricos, com fiscalização das bacias hidrográficas e controle de impactos ambientais pelo Ministério Público, tem levado a interdição de muitos estabelecimentos rurais e industriais (CAMPOS *et al.*, 2006).

Com as normas internacionais de Gestão Ambiental, série ISO 14.000, houve a introdução de conceitos como: Certificação Ambiental, Auditoria Ambiental e Gestão Ambiental que alteram a postura das empresas mediante as questões relacionadas ao meio Ambiente (VALLE, 2004).

Portanto, além das exigências legais quanto à destinação e tratamento dos resíduos, há ainda uma pressão do próprio mercado consumidor, que cada vez mais exige das empresas a adequação as normas internacionais.

3.3 Tratamento e Aproveitamento energético dos resíduos

Os atuais avanços tecnológicos têm causado sérios impactos no meio ambiente. O ciclo produtivo da sociedade atual tem retirado da natureza os insumos necessários para a produção de alimentos e bens de consumo, porém, retorna à mesma resíduos em grandes quantidades, causando poluição ambiental e esgotamento dos recursos naturais (YOKOMIZO *et al.*, 2009).

As atividades agropecuárias geram uma quantidade muito grande de resíduos que, se bem manejados, poderão tornar-se não apenas uma importante fonte de renda e agregação de valor à atividade, mas também um modelo de produção sustentável que vem tornando-se cada vez mais uma exigência de mercado. Para tanto, é necessário que haja a adoção de um sistema de tratamento desses resíduos a fim de evitar possíveis contaminações do ambiente (GÜNGÖR-DEMIRCI & DEMIRER, 2004; ANGONESE *et al.*, 2006).

Observando-se o Quadro 1, pode-se ter uma noção da quantidade de resíduos gerados pela agroindústria e o potencial para a geração de energia:

QUADRO 1 Produção e potencial energético dos resíduos sólidos agrossilvopastoris

Agroindústria da agricultura		Produção Indústria (t/ano)	Resíduos Total (t/ano)	Efluentes (m³/ano)	Potencial Energia (MW/ano)
	Subtotal	845.678.872	290.838.411	604.255.461	22.999
Pecuária	Criações	Cabeças	Dejetos (m³/ano)	Efluentes (m³/ano)	Energia (MW/ano)
	Subtotal	5.042.993.340	365.315.261	-	1.291
Agroindústrias da pecuária	Atividades	Animais abatidos/litros de leite	Total de resíduos (t/ano)	Efluentes (m³/ano)	Energia (MW/ano)
	Subtotal	16.861.313.361	266.163	121.540.947	15

Fonte: Adaptado de Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Versão preliminar (2011)

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos em sua versão preliminar traz um diagnóstico dos resíduos sólidos orgânicos com origem nas atividades agrossilvopastoris e agroindústrias primárias associadas com estas atividades. Além da quantificação destes resíduos, realizou-se uma estimativa das possibilidades energéticas através do reaproveitamento da biomassa. Os dados são apresentados por áreas: agricultura, pecuária, silvicultura e agroindústrias primárias e foram calculados com base na produção do ano de 2009.

Na pecuária, a produção estimada foi de 1.703.773.970 toneladas.ano⁻¹, com 32% deste total gerado pela pecuária de corte extensiva da Região Centro Oeste. A criação extensiva dificulta a utilização destes resíduos na biodigestão e no aproveitamento energético. As atividades predominantemente confinadas como suinocultura, avicultura e pecuária leiteira produziram em conjunto 365.315.261 toneladas.ano⁻¹ com potencial energético de 1,3 GW.ano⁻¹. Adicionalmente, as indústrias associadas com estas atividades como laticínios, abatedouros e graxarias geraram resíduos sólidos e líquidos com potencial de 15 MW.ano⁻¹. Observação importante é que o tamanho e a localização das atividades inviabilizam as soluções individuais, sendo indispensáveis estudos regionalizados e espacialização das atividades para a implantação de sistemas coletivos de biodigestão.

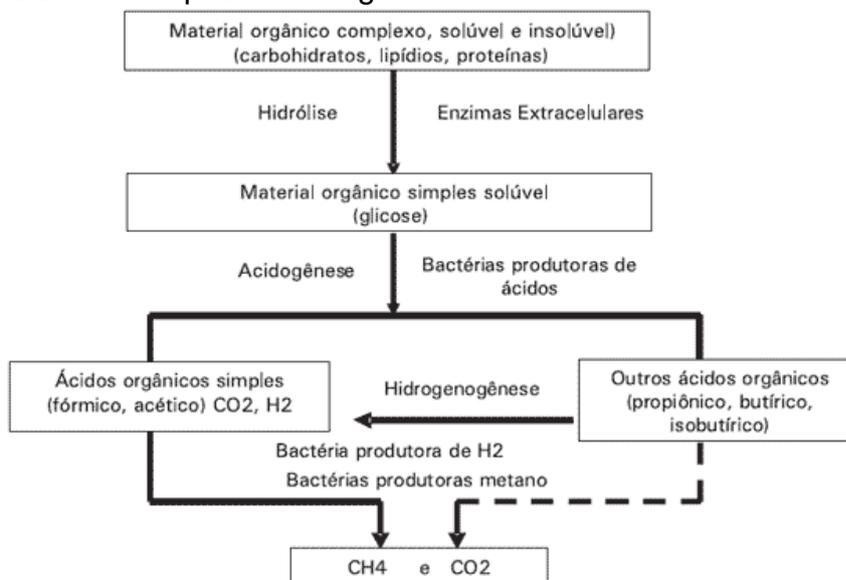
Para MATOS (2005), quando não é possível ou recomendável o aproveitamento de resíduos "in natura", técnicas de tratamento devem ser aplicadas com o intuito de proporcionar transformações químicas e físicas proveitosas. Estes resíduos, depois de tratados, podem ser aproveitados por agricultores como adubo por apresentarem qualidade e baixo custo. Dentre os processos mais aplicados podemos destacar os que envolvem sistemas aeróbios e os anaeróbios.

3.4 Biodigestão anaeróbica

Denomina-se biodigestão anaeróbica qualquer processo de digestão que resulte na transformação da matéria orgânica biodegradável, na ausência de oxidante externo, com produção de metano e dióxido de carbono, deixando na solução aquosa subprodutos como amônia, sulfetos e fosfatos. O processo

de digestão é desenvolvido por uma sequência de ações, conforme mostra a FIGURA 1, realizadas por uma gama muito grande e variável de bactérias, no qual pode-se distinguir quatro fases subsequentes: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese (VAN HAANDEL E LETTINGA, 1994).

FIGURA 1 Etapas da biodigestão



Fonte: Biodieselbr (2012)

Na hidrólise o material orgânico particulado é convertido em compostos dissolvidos de menor peso molecular. O processo requer a interferência das chamadas exo-enzimas que são excretadas pelas bactérias fermentativas. As proteínas degradam-se através de (poli)peptidas para formarem aminoácidos; os carboidratos transformam-se em açúcares solúveis (mono e dissacarídeos) e lipídios são convertidos em ácidos graxos de cadeia longa de C (C¹⁵ a C¹⁷) e glicerina (O'ROURKE, 1968).

Na acidogênese, os compostos dissolvidos gerados no processo de hidrólise são absorvidos nas células das bactérias fermentativas e, após a acidogênese, excretadas como substâncias orgânicas simples como ácidos graxos voláteis (AGV), álcoois, ácido láctico e compostos minerais (CO₂, H₂, NH₃, H₂S). A fermentação acidogênica é realizada por um grupo diversificado de bactérias, das quais a maioria sendo facultativas.

Na acetogênese há a conversão dos produtos da acidogênese em compostos que formam os substratos para a produção de metano: acetato, hidrogênio e dióxido de carbono.

A metanogênese é, em geral, o passo que limita a velocidade do processo de digestão como um todo, embora a temperaturas abaixo dos 20 °C a hidrólise possa se tornar também limitante (GUJER & ZEHNDER, 1983). Metano é produzido pelas bactérias acetotróficas a partir da redução de ácido acético ou pelas bactérias hidrogenotróficas a partir da redução de dióxido de carbono.

O biogás oriundo da digestão de resíduos é composto por uma mistura de gases principalmente metano e dióxido de carbono. Seu potencial energético se deve a quantidade de metano que determina seu poder calorífico. Entre as vantagens de se utilizar biogás como fonte de energia, se destacam geração descentralizada e próxima aos pontos de carga, a partir de uma fonte renovável que vem sendo tratada como resíduo; possibilidade de receita extra, proveniente da energia gerada com biogás e vendida às concessionárias; possibilidade de uso de processos de co-geração; redução das emissões de metano para a atmosfera, pois este também é um importante gás de efeito estufa; créditos de carbono; redução de odores (SALOMON & LORA, 2005).

3.5 Sistema hidropônico oxigenado tipo “Wetland”

Dentre as diversas fontes de biomassa, as algas macrófitas ou aguapé (*Eichhornia crassipes*) demonstram uma enorme velocidade de crescimento (360 a 480 t/ha/ano), o que faz com que seja considerada uma importante praga aquática, causando problemas em rios, reservatórios de usinas hidrelétricas e reservatórios de água para irrigação. O aguapé tem a capacidade de incorporar em seus tecidos altas quantidades de nutrientes, o que torna interessante sua utilização como agente despoluidor de águas. Dessa forma, pode-se cultivar as algas macrófitas em sistema hidropônico oxigenado tipo “wetland”.

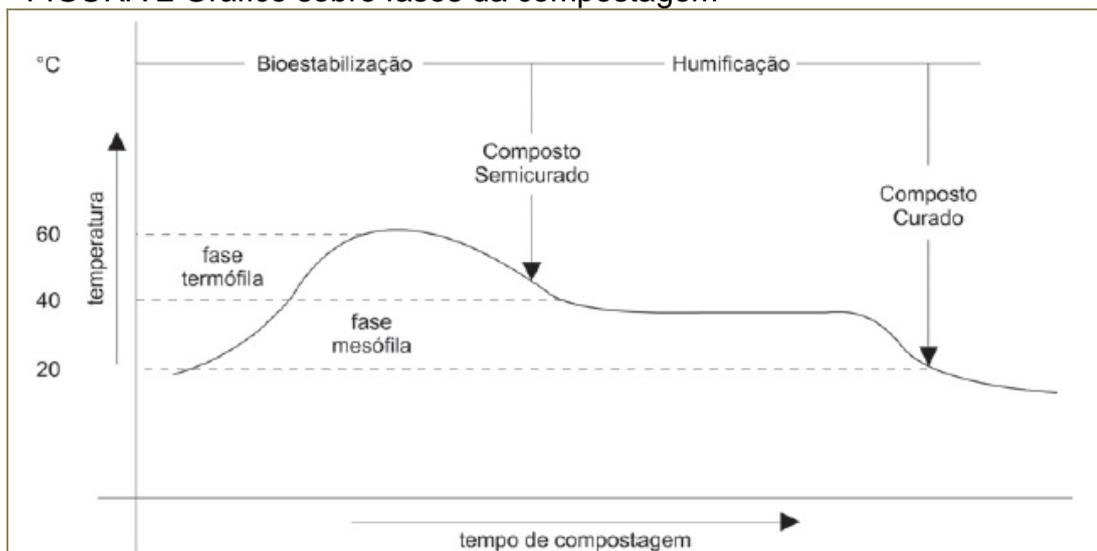
Tal sistema já é bastante conhecido e utilizado comercialmente para produção de hortaliças hidropônicas. Assim podemos cultivar as macrófitas em

tanques tipo “wetland” em sequência, para que absorvam e fixem os nutrientes disponíveis, obtendo-se água com características físico-químicas para utilização em sistemas agroindústrias. Os “wetland” construídos são sistemas artificialmente projetados para utilizar plantas aquáticas (macrófitas) em substratos como areia, cascalhos ou outro material inerte, onde ocorre a proliferação de biofilmes que agregam populações variadas de microrganismos, os quais, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, tratam águas residuárias. São caracterizados por apresentarem moderado custo de capital, baixo consumo de energia e manutenção, estética paisagística e aumento do habitat para a vida selvagem (IWA, 2000; RUAN *et al.*, 2006; HEDMARK *et al.*, 2009). Os “wetlands” construídos imitam pântanos naturais, estando entre as tecnologias recentemente eficazes para o tratamento de águas residuais. Têm sido utilizados como alternativas de baixo custo para tratamento de esgoto convencional secundário ou terciário (RUAN *et al.*, 2006; CHEN *et al.*, 2008; JOU *et al.*, 2009).

3.6 Compostagem

De acordo com CARVALHO (2006), a compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica crua em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características diferentes do material que lhe deu origem. A ação de micro-organismos e enzimas decompõe a matéria orgânica resultando na fragmentação gradual e oxidação de detritos (FIORI *et al.*, 2008). A FIGURA 2 mostra as fases ao longo da compostagem.

FIGURA 2 Gráfico sobre fases da compostagem



Fonte: D'ALMEIDA & VILHENA (2000).

A primeira etapa se caracteriza pela estabilização do composto, ou seja, eliminação de organismos patogênicos e neutralização de odores fétidos. Já na segunda ocorre a solubilização ou disponibilização dos minerais. Ao final deste é que se pode considerar que o composto possui características de fertilizantes, possuindo os nutrientes disponíveis para as plantas.

O alto teor de umidade de muitos resíduos inviabiliza ou dificulta sua utilização em processos de compostagem. Por outro lado, estes co-produtos possuem significativas quantidades de macro e micronutrientes essenciais para nutrição vegetal e correção de solo, dentre outras biomoléculas que devem ser aproveitadas (CANELLAS *et al.*, 2008) e podem ser utilizados como matéria-prima na produção de fertilizantes. Para isso, é necessário ocorrer a mineralização e humificação da matéria-orgânica, ou seja, compostagem físico-química-mecânica, que depende de uma série fatores (oxigênio, relação carbono/nitrogênio e CTC/carbono orgânico; carbono orgânico, capacidade de troca catiônica e iônica, demanda bioquímica e química de oxigênio, pH, condutividade elétrica, outros) (KIEHL, 1989).

MATOS (2005) destaca vantagens da compostagem de resíduos vegetais como: aproveitamento agrícola de macro e micronutrientes presentes nos materiais residuais; melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo; minimização de riscos de poluição de águas superficiais e subterrâneas.

3.7 Demanda energética nacional

A Empresa de Pesquisa Energética – EPE atualizou as premissas básicas e as previsões para o consumo de energia elétrica no horizonte de 10 anos. De acordo com as novas estimativas, que contemplam o período até 2021, o crescimento médio anual da demanda total de eletricidade (que inclui consumidores cativos, consumidores livres e autoprodutores) será de 4,5% ao ano no período, passando de 472 mil gigawatts-hora em 2011 para 736 mil GWh em 2021, conforme mostra a FIGURA 3. A expansão média do consumo anual de energia elétrica será um pouco inferior à da economia, cuja taxa de crescimento do PIB brasileiro é estimada em 4,7% ao ano, em média, nos 10 anos.

FIGURA 3 Projeções da demanda total de energia elétrica e do PIB

Ano	Consumo (mil GWh)	PIB (10 ⁹ R\$ 2010)	Intensidade (kWh/R\$ 2010)
2011	472	3.804	0,124
2016	593	4.717	0,126
2021	736	6.021	0,122
Período	Consumo (% ao ano)	PIB (% ao ano)	Elasticidade
2011-2016	4,7	4,4	1,06
2016-2021	4,4	5,0	0,88
2011-2021	4,5	4,7	0,96

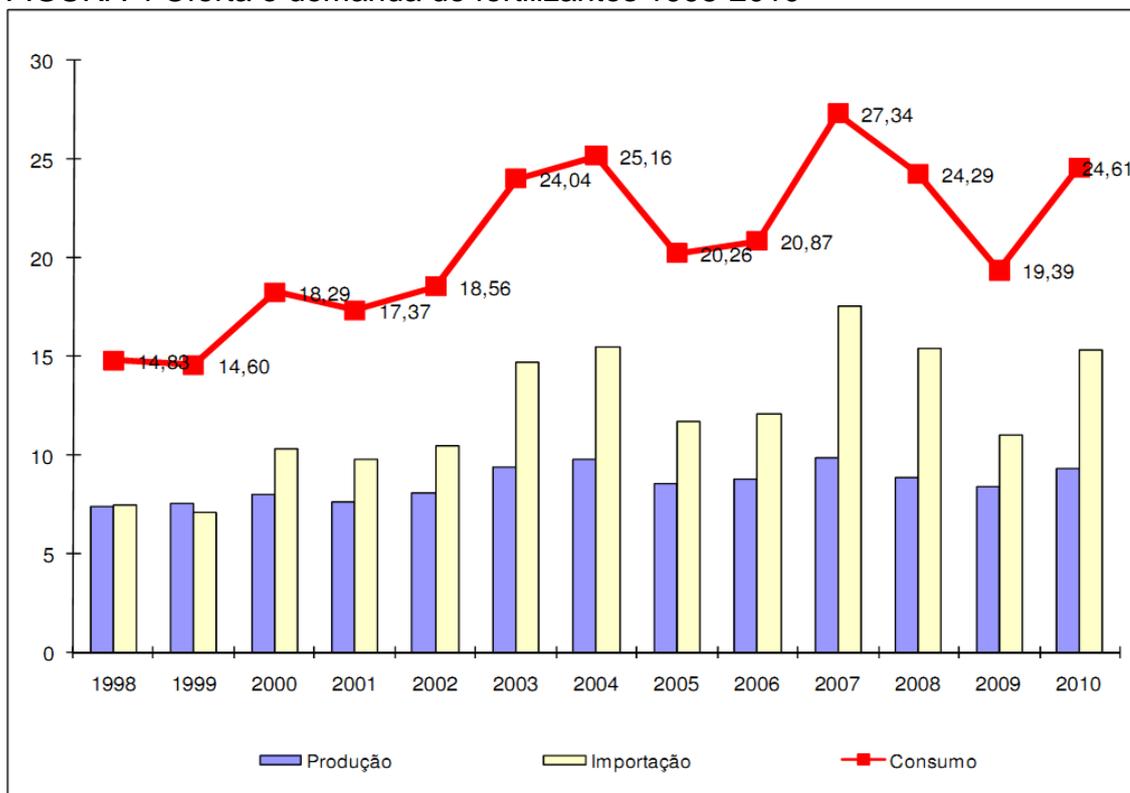
Nota: inclui autoprodução; para 2011, consideradas estimativas preliminares do consumo de energia elétrica e do PIB.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2012)

Pelas projeções elaboradas pela EPE, haverá ainda um expressivo crescimento da autoprodução nos próximos 10 anos, em torno de 6,8% ao ano, em média, passando dos 41,5 mil GWh estimados em 2011 para 79,8 mil GWh em 2021. Com isso, a participação desta fatia da geração no consumo total de eletricidade do país crescerá dos cerca de 9% verificados nos últimos anos para 11%, aproximadamente, ao final do horizonte.

3.8 Demanda nacional de fertilizantes

FIGURA 4 Oferta e demanda de fertilizantes 1998-2010



Fonte: Ipeadata (2012)

A oferta total de fertilizantes no Brasil em 2010 atingiu 24,48 milhões de toneladas, das quais 15,27 milhões de toneladas são importações e 9,34 milhões de toneladas é produção doméstica (SEAE, 2011).

4 PATENTE DE INVENÇÃO

4.1 Elaboração da Patente de Invenção

Para o desenvolvimento da patente de invenção, primeiramente houve o levantamento da literatura, de acordo com os objetivos previamente definidos. Buscava-se a conjugação de técnicas já conhecidas, mas com a obtenção de novos produtos, mais especificamente uma integração de forma que, ao mesmo tempo, houvesse o tratamento do resíduo orgânico e o aproveitamento dos nutrientes e da energia nele presentes, especialmente para a produção de fertilizante e biogás. Assim, as áreas pesquisadas foram: a) digestão para a produção de biogás, tema relacionado com a primeira etapa do processo desenvolvido, que é a utilização do resíduo da agroindústria e agropecuária para a produção de metano, este por sua vez poderá ser utilizado para a produção de energia mecânica, térmica ou elétrica, de acordo com a finalidade, através de motores e geradores; b) tratamento de água residuária, isto porque uma das metas era o tratamento do resíduo a fim de obter água que possa ser reutilizada pelos processos agroindustriais, mas sem haver perdas de nutrientes, portanto as técnicas estudadas estavam relacionadas à retirada das substâncias e não a sua eliminação; c) compostagem, através desta técnica se obtém o fertilizante ou fonte de nutrientes para plantas, sendo este tema o principal responsável pela diferenciação deste trabalho em relação a outros, pois havia a intenção de se produzir um fertilizante sólido de fácil manuseio e aplicação, diferente da maioria dos trabalhos, que estudam o efluente do biodigestor para a utilização como fertilizante, este tendo como principal desvantagem o fato de ser líquido, dificultando o transporte e aplicação na lavoura, além da composição nutricional com grande variação.

Concluída esta primeira fase de levantamento de literatura, ocorreu a estruturação do projeto, ou seja, já conhecendo as técnicas disponíveis, suas características e aplicações, escolheu-se as mais apropriadas para a obtenção dos produtos desejados: digestão anaeróbica em biodigestores, retirada dos nutrientes pela utilização de sistemas tipo “wetland”, compostagem físico-químico-mecânica e/ou biológica. Nesta fase foi fundamental a consultoria e assessoria de alguns professores da UFPR, especialmente os que possuem

conhecimento sobre as áreas já citadas e a leitura de artigos científicos relacionados. De acordo com as orientações recebidas e os conhecimentos previamente adquiridos se pode, então, definir e conjugar as técnicas a serem utilizadas.

Com o processo já definido, desenvolveu-se a patente de invenção. Quando finalizada foi enviada para a Agência de Inovação da UFPR, que realizou o depósito do Pedido de Patente de Invenção no INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial), intitulada: “Desenvolvimento de Processo de Uso Industrial de Resíduos Orgânicos Líquidos para Fabricação de Biogás (Metano); Fertilizante Sólido Orgânico, Organomineral e/ou Fonte de Nutrientes para Plantas e para Obtenção de Água Reutilizável em Sistemas Agroindustriais”.

4.2 Descrição da Patente de Invenção

O uso de resíduos orgânicos líquidos para fabricação de biogás, fertilizante orgânico sólido e obtenção de água reutilizável em sistemas agroindustriais e agropecuários ainda não foi caracterizado como um único processo de uso, ou seja, até o presente momento sempre foram caracterizados isoladamente e como modelos de utilidade. Além disso, os processos de tratamento em larga escala de resíduos orgânicos líquidos da agropecuária e agroindústria são caracterizados pelo alto custo e pelas dificuldades operacionais de uso.

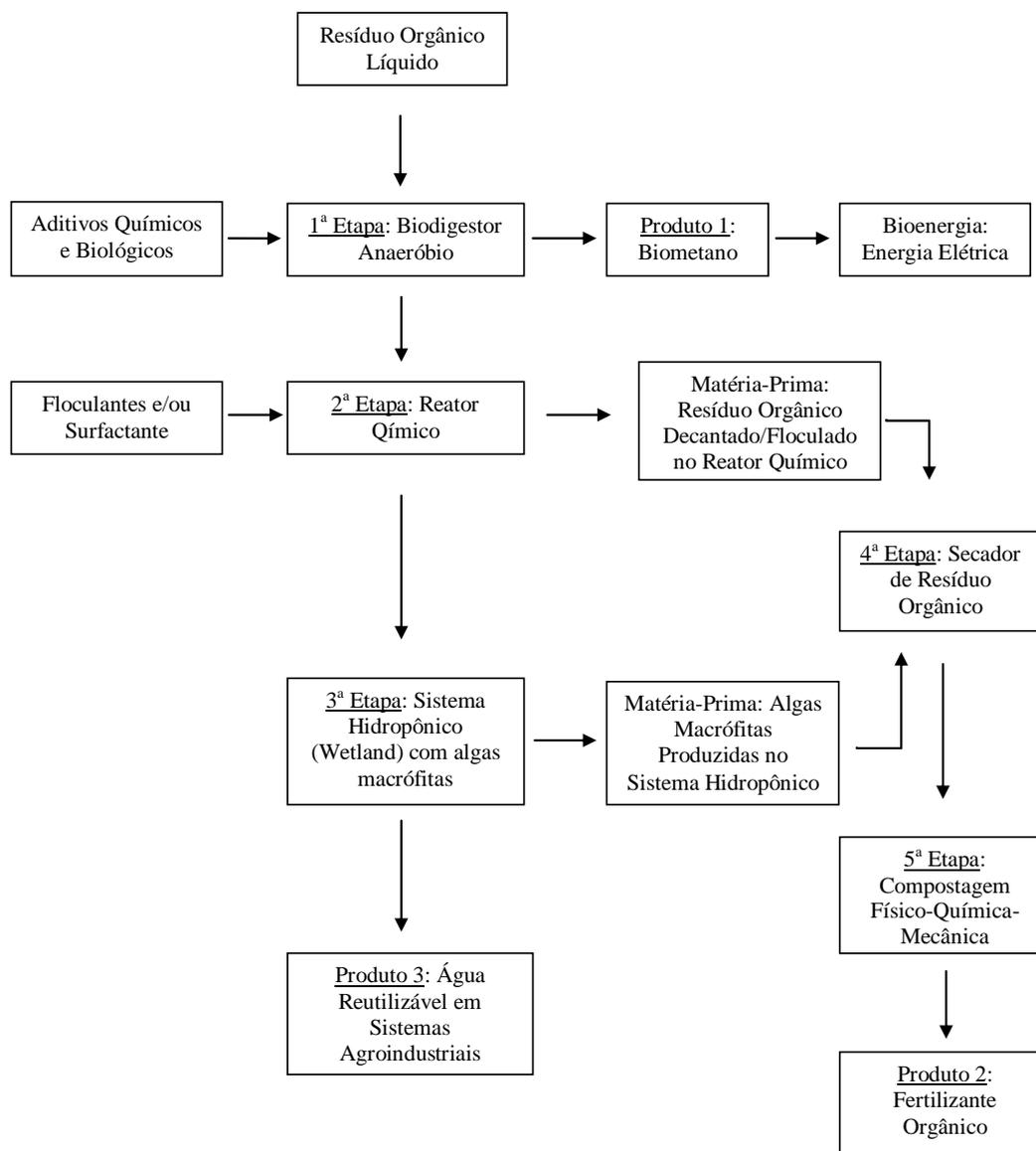
Buscando integralizar e otimizar a produção, foi criado o “Desenvolvimento de Processo de Uso Industrial de Resíduos Orgânicos Líquidos para Fabricação de Biogás (Metano); Fertilizante Sólido Orgânico, Organomineral e/ou Fonte de Nutrientes para Plantas e na Obtenção de Água Reutilizável em Sistemas Agroindustriais”.

Assim, objetivamente, a patente de invenção consiste em submeter resíduos orgânicos líquidos em biodigestores e produzir metano. O efluente do biodigestor anaeróbico é conduzido até o reator químico, onde recebe floculantes e surfactantes para remoção parcial de nutrientes. O efluente do reator químico é conduzido até tanques hidropônicos para cultivo de macrófitas, especialmente a *Eicchornia* spp. e *Eicchornia crassipes*. As

macrófitas absorvem e fixam os nutrientes do resíduo líquido como fonte nutricional, obtendo água reutilizável em sistemas agroindustriais. O decantado obtido do reator químico e as macrófitas cultivadas são, se necessário, submetidos ao secador de resíduos orgânicos e posteriormente a compostagem físico-química-mecânica ou compostagem biológica para produção de fertilizante orgânico ou fonte nutricional para plantas conforme os padrões internacionais (relação carbono/nitrogênio e CTC/carbono orgânico, carbono orgânico, capacidade de troca catiônica e iônica, demanda bioquímica e química de oxigênio, pH e condutividade elétrica).

4.3 Etapas do processo

FIGURA 5 Fluxograma geral do processo



Para especificar o que ocorre no processo, pode-se dividi-lo em 5 etapas:

1ª Etapa – Resíduo orgânico líquido da agropecuária e agroindústria e aditivos químicos e biológicos são submetidos a biodigestores para a obtenção de metano (1º produto) pela metanogênese, posteriormente o metano é utilizado para produzir energia térmica, mecânica e elétrica.

2ª Etapa - Efluente do biodigestor anaeróbico é conduzido até um reator químico por gravidade (sem gasto de energia), onde recebe flocculantes e surfactantes (hidróxido de cálcio e sulfato de alumínio, por exemplo) para floculação/precipitação/remoção de sólidos em suspensão ou sais minerais de maior peso molecular ou nutrientes menos solúveis e/ou metais pesados (Mn, Mg, Ca, P, Cu, Fe, Zn, Cr, Co, Mo, entre outros). O decantado/floculado/precipitado do reator químico é conduzido até o secador de resíduos orgânicos (4ª Etapa) e/ou sistema da compostagem (5ª Etapa).

3ª Etapa – O sobrenadante ou efluente do reator químico é conduzido por gravidade ou não, até um sistema hidropônico oxigenado em série (sistema tipo “wetland”) para cultivo de algas macrófitas, especialmente a *Eicchornia* spp. e *Eicchornia crassipes*. As macrófitas utilizarão os nutrientes do efluente do reator químico como fonte nutricional, especialmente os sais minerais mais solúveis (N, Na e K), portanto removendo sais e nutrientes do efluente e obtendo água (3º Produto) em padrões físico-químicos adequados para reutilização em sistemas agroindustriais.

4ª Etapa – O floculado/precipitado/decantado sólido removido do reator químico e as algas macrófitas cultivadas nos sistemas hidropônicos podem ser conduzidos até o secador de resíduos orgânicos para atingir uma umidade final de até 20%.

5ª Etapa – O composto organomineral (macrófitas, sais minerais, surfactantes e flocculantes) é submetido à compostagem física-química-mecânica ou biológica para produção de fertilizantes orgânicos e/ou fonte de nutrientes para plantas (2º Produto).

4.4 Vantagens da Patente de Invenção

São vantagens da presente invenção:

➤ O melhor aproveitamento dos nutrientes presentes no efluente dos biodigestores, devido à retirada destes tanto pela macrófita quanto pelos agentes flocculantes e sequente compostagem físico-química-mecânica, evitando perdas como a volatilização do nitrogênio e otimizando as características nutricionais.

- Obtenção de fertilizante sólido, facilidade de manuseio e aplicação.
- Não utilizar nenhuma substância ou molécula, que não às desejadas para a nutrição das plantas.
- Ao final, obtemos energia na forma de metano, fertilizantes de alta qualidade e água reutilizável em sistemas agroindustriais com dano ou ônus ambiental extremamente reduzido.
- Facilidade de implementação e baixo custo de operação do processo.
- Incentivo ao tratamento de passivos ambientais, pois ao final se obtém produtos de alto valor agregado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido a possível escassez futura de fertilizantes minerais e a preocupação ambiental, atualmente o uso, a reciclagem e/ou reutilização de efluentes e resíduos que possuem, potencialmente, propriedades nutricionais e de melhoradores de solos vêm ganhando espaço nos mais variados setores econômicos. No setor agrícola e agroindustrial não é diferente. Diversos efluentes e resíduos gerados nesses setores estão recebendo utilidades e valor agregado. Desta forma, o aproveitamento desses efluentes e/ou resíduos pode contribuir de maneira significativa para diminuição do uso de recursos não renováveis (fertilizantes minerais), maximizando a vida útil de reservas e jazidas de minerais e, sobretudo, para a mitigação de eventuais impactos ambientais adversos causados por manejo inadequado.

O desenvolvimento de tecnologias para o tratamento e utilização dos resíduos líquidos é o grande desafio para as regiões com alta concentração de produção pecuária, em especial suínos e aves. De um lado a pressão pelo aumento da produtividade e do outro que esse aumento não provoque a destruição do meio ambiente. A restrição de espaço e a necessidade de atender cada vez mais as demandas de energia, água de boa qualidade e alimentos têm colocado alguns paradigmas a serem vencidos, os quais se relacionam principalmente à questão ambiental, a disponibilidade de energia e de nutrientes para a agricultura de alta tecnologia.

Diante deste cenário cada vez mais preocupado com a sustentabilidade e de um mercado cada vez mais competitivo e exigente, foi desenvolvido e patentado o processo descrito neste documento, cujo principal objetivo era a criação de uma alternativa viável para o tratamento dos efluentes orgânicos líquidos da agropecuária e agroindústria aproveitando o potencial destes resíduos.

Houve uma conjugação de princípios e técnicas já conhecidas (digestão anaeróbica, sistema de tratamento tipo “wetland”, compostagem física-química-mecânica e/ou biológica) para que houvesse o tratamento do efluente e o seu aproveitamento energético e como fonte de nutrientes, obtendo-se novos produtos: energia, fertilizante e água reutilizável em sistemas agroindustriais.

Os resíduos agrícolas são utilizados em grande parte para alimentação animal e/ou humana, fertilizantes orgânicos e outros usos nas propriedades rurais, reduzindo significativamente o potencial energético, além de apresentarem inviabilidades técnicas no seu aproveitamento como descentralização, equipamentos e transportes. Na pecuária extensiva também há uma impossibilidade na coleta dos dejetos. Porém, a patente de invenção desenvolvida pode ser uma alternativa na pecuária intensiva e na agroindústria, onde há a possibilidade da coleta dos resíduos e, no mínimo, a obrigação para seu tratamento, possibilitando: a geração de energia através do metano produzido na biodigestão anaeróbia, podendo reduzir os gastos com eletricidade na propriedade e, inclusive, propiciar lucro pela venda do excedente à concessionária de energia, a chamada geração distribuída; o tratamento do efluente, que poderá ser descartado no meio ambiente sem impactos ambientais negativos ou ainda reutilizado no processo industrial (água reutilizável); a produção de fertilizante, que poderá ser utilizado no próprio local caso haja algum cultivo ou ainda ser vendido, proporcionando lucro e a diversificação de atividade do empreendimento. Tudo isso ocasiona uma diminuição nos custos de produção e operação, consequentemente um ganho maior ao empreendedor e ao meio ambiente, que não sofrerá com o manejo inadequado dos resíduos.

Portanto, a patente de invenção descrita é uma alternativa tecnológica para as atividades produtoras de resíduos líquidos orgânicos, que possibilita não só o tratamento do resíduo como a obtenção de energia na forma de biogás que pode ser transformada em energia térmica, elétrica ou mecânica e a produção de fertilizante sólido de alta qualidade.

6 CONCLUSÃO

A patente de invenção desenvolvida e descrita neste trabalho pode ser vista como uma boa alternativa tecnológica para o País, pois auxilia no tratamento da grande produção de resíduos orgânicos produzidos, especialmente pela pecuária intensiva, e ainda gera produtos com grande demanda no país: fertilizante e energia. A questão dos fertilizantes é estratégica para o Brasil, que importa a maior parte do que utiliza, sendo extremamente afetado pelas variações do mercado. Portanto é fundamental o desenvolvimento e utilização de novas tecnologias e processos para a obtenção deste importante insumo. Já a questão energética está relacionada, principalmente, com o aumento da demanda e a necessidade da diversificação da matriz energética brasileira. Neste contexto, o processo desenvolvido se destaca pela possibilidade da geração distribuída, fazendo com que os empreendedores possam produzir a energia que consomem e ainda vender às concessionárias o excedente, possibilitando o aumento da oferta de energia e a tão importante diversificação.

7 REFERÊNCIAS

ANGONESE, A.R.; CAMPOS, A.T.; ZACARKIM, C.E.; MELISSA S.; MATSUO, M.S.; CUNHA, F. **Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.3, p.745-750, 2006.

BIODIESELBR, **Biodigestores**. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/energia/biogas/biodigestor.htm>> Acesso em 17 de maio de 2012

CAMPOS, C.M.M., MOCHIZUKI, E.T., DAMASCENO, L.H.S., BOTELHO, C.G. **Avaliação do potencial de produção de Biogás e da eficiência de tratamento do reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) alimentado com dejetos de suínos**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 29, n. 4, p. 848-856, 2005.

CARVALHO, J.G. **Compostagem de resíduos agroindustriais**. Lavras: UFLA, 2006.

CANELLAS, L.P.; TEIXEIRA JUNIOR, L.R.L.; DOBBS, L.B.; SILVA, C.A.; MÉDICI, L.O.; ZANDONADI, D.B. & FAÇANHA, A.R. **Humic acids crossinteractions with root and organic acids**. Ann. Appl. Biol., 153:157-166, 2008.

CHEN S.W., KAO C.M.,* JOU C.R., FU Y.T., CHANG Y.I. **Use of a Constructed Wetland for Post-Treatment of Swine Wastewater**. Environmental Engineering Science. Volume 25, Number 3, 2008.

DAVIS, J.; Goldberg. **A concept of agribusiness**, Harvard University, Boston. 1957.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Consumo nacional de eletricidade vai crescer 4,5% ao ano na próxima década**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20120104_3.pdf> Acesso em 23 de maio de 2012

FIORI, M.G.S., SCHOENHALS, M., FOLLADOR, F.A.C. **Análise da evolução tempo-eficiência de duas composições de resíduos agroindustriais no processo de compostagem aeróbia**. Engenharia Ambiental, v.5, n. 3, p.178-191, 2008.

FURTUOSO, M.C.O., GUILHOTO, J.J.M. **Estimativa e Mensuração do Produto Interno Bruto do Agronegócio da Economia Brasileira, 1994 a 2000**. Revista Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Vol 41, Nº 4, p. 803-827, 2003.

GÜNGÖR-DEMIRCI, G.; DEMIRER, G. N. **Effect of initial COD concentration, nutrient addition, temperature and microbial acclimation**

on anaerobic treatability of broiler and cattle manure. Bioresource Technology, Oxford, v.93, n.2, p.109-117, 2004.

HEDMARK A., SCHOLZ M., ELOWSON T. **Treatment of Log Yard Runoff Impacted by Aged Logs in a Free Water Surface Constructed Wetland.** Environmental Engineering Science Volume 26, Number 11, 2009

INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION. **Constructed Wetlands for Pollution Control. Processes, Performance, Design and Operation.** IWA Publishing, London, 2000.

IPEADATA. **Oferta e demanda 1998-2010.** Disponível em: <http://www.seae.fazenda.gov.br/central_documentos/panoramas-setoriais/i_fert_seae_-2011_fertilizantes.pdf > Acesso em 23 de maio de 2012

JOU C.-J., CHEN S. W., TSENG K H., KAO C. M. **Efficiency and Ecological Benefits of Purifying Wu-Lo Creek with a Constructed Wetland System.** Environmental Engineering Science, Volume 26, Number 1, 2009

KIEHL, J.C. **Emprego de sais inorgânicos no controle da volatilização de amônia decorrente da aplicação de uréio solo.** 1989. 108 p. Tese (Livre Docência) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

LEUCENA, M.V., CHERNICHARO, C.A.L. **Avaliação experimental da compostagem de RSU submetidos a etapa prévia de tratamento anaeróbio.** 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária. Anais. Campo Grande, Mato Grosso, p.09, 2005.

MATOS, A.T.,. **Tratamento de resíduos Agroindustriais.** Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2005.

MÜLLER, G. **Complexo agroindustrial e modernização agrária.** São Paulo: Hucitec, 1989. 148 p.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Versão Preliminar.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/253/arquivos/versao_preliminar_pnrs_wm_253.pdf.> Acesso em 21 de maio de 2012.

O'Rourke, J. R. **Kinetics of anaerobic treatment at reduced temperatures.** Ph.D. Thesis, Stanford University, California, 1968.

RODRIGUES, C.E. **Crise energética.** Livraria José Olympio, Rio de Janeiro, 1975. 188p.

RUAN X., XUE Y., WU J., NI L., SUN M., ZHANG X. **Treatment of Polluted River Water Using Pilot-Scale Constructed Wetlands.** Bull. Environ. Contam. Toxicol. p.:90–97, 2006.

SALOMON,K.R., LORA, E.E.S. **Estimativa do potencial de Geração de Energia Elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil.** Biomassa & Energia, v.2, n.1, p.57-67, 2005.

SANTOS, T.M.B.; LUCAS JÚNIOR, J.; SILVA, F.M. **Avaliação do desempenho de um aquecedor para aves adaptado para utilizar biogás como combustível.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.3, p.658-664, 2007.

VALLE,C.E. **Qualidade Ambiental ISO 14.000.** 5 ed. São Paulo: SENAC, 2004.

Van Haandel, A. C., Lettinga, G. **Tratamento Anaeróbio de Esgotos: Um Manual para Regiões de Clima Quente,** Epgraf, Campina Grande, 240 p. 1994

8 APÊNDICE

8.1 Patente de Invenção

 <small>INSTITUTO NACIONAL DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL</small> <small>PROFESSOR GERAL</small> 16/03/2012 015120000643 15:53 DEPR  BR 10 2012 005977 0 Espaço reservado ao protocolo	< Uso exclusivo do INPI > Espaço para etiqueta
--	---

DEPÓSITO DE PEDIDO DE PATENTE OU DE CERTIFICADO DE ADIÇÃO

Ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial:

O requerente solicita a concessão de um privilégio na natureza e nas condições abaixo indicadas

1. Depositante (71):

- 1.1 Nome: Universidade Federal do Paraná
 1.2 Qualificação: Autarquia Federal
 1.3 CNPJ/CPF: 75095679/0001-49
 1.4 Endereço Completo: Rua XV de Novembro, 695 Curitiba/PR
 1.5 CEP: 80020-310 1.6 Telefone: 41 3310-2699 1.7 Fax: 41 3310-2760
 1.8 E-mail: inovacao@ufpr.br

 continua em folha anexa

2. Natureza: Invenção Modelo de Utilidade Certificado de Adição

Escreva, obrigatoriamente, e por extenso, a Natureza desejada: Patente de Invenção

3. Título da Invenção ou Modelo de Utilidade ou Certificado de Adição(54):

PROCESSO DE USO INDUSTRIAL DE RESÍDUOS ORGÂNICOS LÍQUIDOS PARA FABRICAÇÃO DE BIOGÁS (METANO); FERTILIZANTE SÓLIDO ORGÂNICO, ORGANOMINERAL E/OU FONTE DE NUTRIENTES PARA PLANTAS E PARA OBTENÇÃO DE

 continua em folha anexa

4. Pedido de Divisão: do pedido N° _____ Data de Depósito: _____

5. Prioridade: interna unionista

O depositante reivindica a(s) seguinte(s):

Pais ou organização de origem	Número de depósito	Data do depósito

6. Inventor (72):
 Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)

- 6.1 Nome: Brenner Magnabosco Marra
 6.2 Qualificação: Professor UFPR - Campus Palotina 6.3 CPF: 839740911-49
 6.4 Endereço completo: Rua Pioneiro, 2153 Jardim Dallas - Palotina (PR)
 6.5 CEP: 85950-000 6.6 Telefone: 44 3211-8564 6.7 Fax:
 6.8 E-Mail: brenermarra@ufpr.br

 continua em folha anexa



7. Declaração na forma do item 3.2 do Ato Normativo nº 127/97:

7.1 Declaro que os dados fornecidos no presente formulário são idênticos ao da certidão de depósito ou documento equivalente do pedido cuja prioridade está sendo reivindicada.

em anexo

8. Declaração de divulgação anterior não prejudicial: (Período de Graça):
(art. 12 da LPI e item 2 do AN nº 127/97)

em anexo

9. Procurador (74)

9.1 Nome:

9.2 CNPJ/CPF:

9.3 API/OAB:

9.4 Endereço completo:

9.5 CEP:

9.6 Telefone:

9.7 Fax:

9.8 E-Mail:

10. Listagem de seqüências Biológicas (documentos anexados) (se houver):

- Listagem de seqüências em arquivo eletrônico: n° de CDs ou DVDs (original e cópia).
- Código de controle alfanumérico no formato de código de barras: fl.
- Listagem de seqüências em formato impresso: fls.
- Declaração de acordo com o artigo da Resolução INPI nº 228/09: fls.

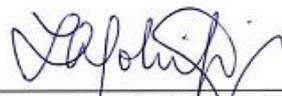
11. Documentos anexados (assinale e indique também o número de folhas):
(Deverá ser indicado o nº total de somente uma das vias de cada documento)

<input checked="" type="checkbox"/>	11.1 Guia de Recolhimento	2 fls.	<input checked="" type="checkbox"/>	11.5 Relatório descritivo	15 fls.
<input type="checkbox"/>	11.2 Procuração	fls.	<input checked="" type="checkbox"/>	11.6 Reivindicações	2 fls.
<input type="checkbox"/>	11.3 Documentos de Prioridade	fls.	<input checked="" type="checkbox"/>	11.7 Desenhos	1 fls.
<input type="checkbox"/>	11.4 Doc. de contrato de trabalho	fls.	<input checked="" type="checkbox"/>	11.8 Resumo	1 fls.
<input checked="" type="checkbox"/>	11.9 Outros que não aqueles definidos no campo 11 (especificar) ANEXO 1.01 E DOU				4 fls.

12. Total de folhas anexadas (referentes aos campos 10 e 11): 25 fls.

13. Declaro, sob penas da Lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras.

CRBA 16/03/12
Local e Data


Assinatura e Carimbo
Prof. Dr. Zaki Akel Sobrinho
Reitor

ANEXO DE CONTINUAÇÃO – FORMULÁRIO 1.01

1. Título da Invenção ou Modelo de Utilidade ou Certificado de Adição(54):
ÁGUA REUTILIZÁVEL EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

2. Inventor (72):

- Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)
(art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

Marcos Augusto Barth Tucunduva

Qualificação: Estudante UFPR – Campus Palotina Curso: Tecnologia em Biocombustíveis

CPF: 043910199-90 RG: 89851050 Matrícula: GRR20094006

Endereço: Rua Governador Jorge Lacerda, 530, casa 1 Guabirota – Curitiba (PR)

CEP: 81 510-040

Telefone: (44) 9953-5658

E-mail: marcos.augusto@ufpr.br

3. Inventor (72):

- Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)
(art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

Alexandre Leseur dos Santos

Qualificação: Professor UFPR - Campus Palotina

CPF: 025827529-40 RG: 70504014 N° de matrícula : 202016

Endereço: Rua Pioneiro, 2153 Jardim Dallas – Palotina (PR)

CEP:85950-000

Telefone: (44) 3211-8500

E-mail: alsantos@ufpr.br

4. Inventor (72):

- Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)
(art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

Matheus Antonio da Costa

Qualificação: Estudante UFPR – Campus Palotina Curso: Tecnologia em Biocombustíveis

CPF: 069981589-47 RG: 92259684 Matrícula: GRR20094199

Endereço: Rua Vereador Antônio Pozzan, 706 Centro – Palotina (PR)

CEP: 85950-000

Telefone: (41) 9624-8035

E-mail: matheuscosta@ufpr.br

5. Inventor (72):

- Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)
(art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

Gustavo Ramos de Oliveira

Qualificação: Biólogo Molecular

CPF: 043988176-54 RG: 11104406

ENDEREÇO: Rua Pioneiro 2153 Jardim Dallas – Palotina (PR)



ANEXO DE CONTINUAÇÃO – FORMULÁRIO 1.01

1. Título da Invenção ou Modelo de Utilidade ou Certificado de Adição(54):
 ÁGUA REUTILIZÁVEL EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

2. Inventor (72):

- Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)
 (art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

Marcos Augusto Barth Tucunduva

Qualificação: Estudante UFPR – Campus Palotina Curso: Tecnologia em Biocombustíveis

CPF: 043910199-90 RG: 89851050 Matrícula: GRR20094006

Endereço: Rua Governador Jorge Lacerda, 530, casa 1 Guabirota – Curitiba (PR)

CEP: 81 510-040

Telefone: (44) 9953-5658

E-mail: marcos.augusto@ufpr.br

3. Inventor (72):

- Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)
 (art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

Alexandre Leseur dos Santos

Qualificação: Professor UFPR - Campus Palotina

CPF: 025827529-40 RG: 70504014 N° de matrícula : 202016

Endereço: Rua Pioneiro, 2153 Jardim Dallas – Palotina (PR)

CEP: 85950-000

Telefone: (44) 3211-8500

E-mail: alsantos@ufpr.br

4. Inventor (72):

- Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)
 (art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

Matheus Antonio da Costa

Qualificação: Estudante UFPR – Campus Palotina Curso: Tecnologia em Biocombustíveis

CPF: 069981589-47 RG: 92259684 Matrícula: GRR20094199

Endereço: Rua Vereador Antônio Pozzan, 706 Centro – Palotina (PR)

CEP: 85950-000

Telefone: (41) 9624-8035

E-mail: matheuscosta@ufpr.br

5. Inventor (72):

- Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)
 (art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

Gustavo Ramos de Oliveira

Qualificação: Biólogo Molecular

CPF: 043988176-54 RG: 11104406

ENDEREÇO: Rua Pioneiro 2153 Jardim Dallas – Palotina (PR)



CEP: 59065-260

Telefone: 84-94221896

E-mail: djairsouza@yahoo.com.br



8.1.1 Resumo

“PROCESSO DE USO INDUSTRIAL DE RESÍDUOS ORGÂNICOS LÍQUIDOS PARA FABRICAÇÃO DE BIOGÁS (METANO); FERTILIZANTE SÓLIDO ORGÂNICO, ORGANOMINERAL E/OU FONTE DE NUTRIENTES PARA PLANTAS E PARA OBTENÇÃO DE ÁGUA REUTILIZÁVEL EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS”. A presente Patente de Invenção visa um novo processo de uso industrial de resíduos orgânicos líquidos, especialmente os resíduos líquidos agroindustriais e agropecuários, a fim de produzir biogás (metano); fertilizante sólido orgânico, organomineral e/ou fonte de nutrientes para plantas e para obtenção de água reutilizável em sistemas agroindustriais; e consiste em submeter os resíduos orgânicos líquidos em biodigestores para produção de metano; o efluente é conduzido até um reator químico, onde recebe floclulantes e surfactantes para remoção de sais minerais. O efluente do reator químico é conduzido até tanques hidropônicos oxigenados para cultivo de algas macrófitas que fixam e utilizam os nutrientes do resíduo líquido como fonte nutricional, portanto removendo sais e obtendo água reutilizável. O decantado ou floclulado do reator químico e as algas macrófitas cultivadas são conduzidas até o secador de resíduos orgânicos e posteriormente submetidos a compostagem físico-química-mecânica para produção de fertilizantes sólidos orgânicos, organomineral e/ou fonte de nutrientes para plantas. Assim há uma nova aplicação e conjugação dos princípios e equipamentos já conhecidos, e com resultados novos; como a produção metano e fertilizantes sólidos e a obtenção de água de qualidade reutilizável em sistemas agroindustriais.

8.1.2 Relatório Descritivo

“PROCESSO DE USO INDUSTRIAL DE RESÍDUOS ORGÂNICOS LÍQUIDOS PARA FABRICAÇÃO DE BIOGÁS (METANO); FERTILIZANTE SÓLIDO ORGÂNICO, ORGANOMINERAL E/OU FONTE DE NUTRIENTES PARA PLANTAS E PARA OBTENÇÃO DE ÁGUA REUTILIZÁVEL EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS”.

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente Patente de Invenção refere-se a um processo de uso industrial de resíduos orgânicos líquidos a fim de produzir biogás (metano); fertilizante sólido orgânico, organomineral e/ou fonte de nutrientes para plantas e para obtenção de água reutilizável em sistemas agroindustriais.

Mais precisamente, a presente Patente de Invenção, visa um novo processo de uso industrial de resíduos orgânicos líquidos, especialmente os resíduos líquidos agroindustriais e agropecuários, a fim de produzir biogás (metano); fertilizante sólido orgânico, organomineral e/ou fonte de nutrientes para plantas e para obtenção de água reutilizável em sistemas agroindustriais. O processo industrial consiste em submeter os resíduos orgânicos líquidos em biodigestores para fermentação anaeróbica e produção de metano (biogás); o efluente do biodigestor anaeróbico é conduzido até um reator químico, onde recebe flocculantes e surfactantes para remoção de sais minerais de maior peso molecular, nutrientes menos solúveis e metais pesados (Mn, Mg, Ca, P, Cu, Cr, Co, Mo). Posteriormente, o efluente do reator químico é conduzido por gravidade até tanques hidropônicos oxigenados (sistema "wetland") com algas macrófitas, especialmente a *Eicchornia spp.* e *Eicchornia crassipes*. As macrófitas utilizarão os nutrientes do resíduo líquido como fonte nutricional, especialmente os sais minerais mais solúveis (N, Na, K), portanto removendo sais e nutrientes remanescentes do resíduo líquido e obtendo água em padrões físico-químicos adequados para reutilização em sistemas agroindustriais.

Tanto o decantado ou flocculado ou precipitado do reator químico; como as algas macrófitas cultivadas nos sistemas hidropônicos e removidas dos sistemas hidropônicos serão regularmente conduzidos até o secador de resíduos orgânicos e posteriormente submetidos à compostagem físico-química-mecânica ou biológica para produção de fertilizantes sólidos orgânicos, organomineral e/ou fonte de nutrientes para plantas. Assim há uma nova aplicação e conjugação dos princípios e equipamentos já conhecidos, e com resultados novos; como a produção metano e fertilizantes sólidos e a obtenção de água de qualidade reutilizável em sistemas agroindustriais a partir de um único sistema de tratamento de resíduos orgânicos líquidos. Portanto, é

completamente diferente do que se encontra nos atuais métodos, modelos e técnicas conhecidas.

Este processo de uso é aplicado especialmente aos setores tecnológicos do agronegócio e ambiental e está relacionado à cadeia produtiva de alimentos, mais especificamente na área de produção e comercialização de fertilizantes agrícolas e uso ambientalmente correto de resíduos orgânicos agroindustriais, agropecuários e urbanos e na reutilização de água em sistemas agroindustriais.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

As necessidades de preservar o meio ambiente, o aumento crescente da produção agropecuária e agroindustrial e a dependência externa têm estimulado o aproveitamento como fertilizantes e/ou condicionadores de solo os mais variados tipos de resíduos orgânicos, gerados em atividades rurais, agroindustriais ou urbanas, proporcionando ainda retornos econômicos e melhoria na qualidade do solo (TEDESCO *et al.*, 1999). Os resíduos necessitam de uma prévia decomposição antes de serem incorporados ao solo, a fim de reduzir possíveis efeitos adversos à saúde humana, às plantas e ao solo. Dentre estes efeitos, citam-se: a contaminação com organismos patogênicos (fungos, bactérias, vírus e helmintos), a imobilização de N decorrente da elevada relação C/N de alguns materiais, as possíveis alterações no pH do solo decorrentes da elevada acidez ou alcalinidade dos resíduos (HERING & FANTEL, 1993). Além disso, eles também não se encontram na forma mineralizada, ou seja, não estão disponíveis para a absorção vegetal.

Entretanto, o alto teor de umidade de muitos resíduos inviabiliza ou dificulta sua utilização em processos de compostagem. Por outro lado, estes co-produtos possuem significativas quantidades de macro e micronutrientes essenciais para nutrição vegetal e correção de solo, dentre outras biomoléculas que devem ser aproveitadas (CANELLAS *et al.*, 2008); e podem ser utilizados como matéria-prima na produção de biofertilizante, fertilizante orgânico, orgânico composto e organomineral (MAPA, 2009). Para isso, é necessário ocorrer a mineralização e humificação da matéria-orgânica, ou seja, compostagem físico-química-mecânica ou biocompostagem, que dependem de

uma série fatores (oxigênio, relação carbono/nitrogênio e CTC/carbono orgânico; carbono orgânico, capacidade de troca catiônica e iônica, demanda bioquímica e química de oxigênio, pH, condutividade elétrica, outros) (KIEHL, 1989).

Devido a possível escassez futura, de fertilizantes minerais, e a preocupação ambiental, atualmente o uso, a reciclagem e/ou reutilização de efluentes e resíduos, que possuem potencialmente propriedades nutricionais e de melhoradores de solos, vêm ganhando espaço nos mais variados setores econômicos. No setor agrícola e agroindustrial não é diferente. Diversos efluentes e resíduos gerados nesses setores estão recebendo utilidades e valor agregado. Desta forma, o aproveitamento desses efluentes e/ou resíduos pode contribuir de maneira significativa para diminuição do uso de recursos não renováveis (fertilizantes minerais), maximizando a vida útil de reservas e jazidas de minerais e, sobretudo para a mitigação de eventuais impactos ambientais adversos causados por manejo inadequado. Assim, pode-se usar a compostagem físico-química-mecânica de resíduos como alternativa industrial de larga escala, conforme patente já publicada (PI 0910087-3 A2).

Outro aspecto importante na fundamentação da presente invenção e já bem conhecido na literatura é o biogás (metano), um dos produtos da decomposição anaeróbia (ausência de oxigênio gasoso) da matéria orgânica, que se dá através da ação de determinadas espécies de microorganismos (bactérias) em biodigestores. O biogás é composto principalmente por metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂). Portanto, durante a digestão anaeróbia, a energia química presente na composição orgânica é largamente conservada como metano. Este biogás é um combustível gasoso com um conteúdo energético elevado semelhante ao gás natural, composto, principalmente, por hidrocarbonetos de cadeia curta e linear. Pode ser utilizado para geração de energia elétrica, térmica ou mecânica especialmente em uma propriedade rural ou agroindústria, contribuindo para a redução dos custos de produção. No Brasil, os biodigestores vêm sendo utilizados, principalmente, para saneamento rural, tendo como subprodutos o biogás e o biofertilizante líquido que apresenta inúmeras dificuldades de aplicação e operacionalização.

O desenvolvimento de tecnologias para o tratamento e utilização dos resíduos líquidos é o grande desafio para as regiões com alta concentração de

produção pecuária, em especial suínos e aves. De um lado a pressão pelo aumento do número de animais em pequenas áreas de produção, e pelo aumento da produtividade e, do outro, que esse aumento não provoque a destruição do meio ambiente. A restrição de espaço e a necessidade de atender cada vez mais as demandas de energia, água de boa qualidade e alimentos, têm colocado alguns paradigmas a serem vencidos, os quais se relacionam principalmente à questão ambiental, a disponibilidade de energia e de nutrientes para a agricultura de alta tecnologia.

O aspecto energia é cada vez mais evidenciado pela interferência no custo final de produção sendo, tanto para a suinocultura como para a avicultura, que as oscilações de preço podem reduzir a competitividade do setor. A digestão anaeróbia, em biodigestores, já é o processo mais viável para conversão dos resíduos de suínos e aves, em energia térmica ou elétrica. Esse processo vem se difundindo como uma forma de tratamento de resíduos líquidos em vários países.

Um aspecto também importante para validar a fundamentação teórica e tecnológica da presente invenção é o uso de algas macrófitas como estratégia de absorção, fixação e metabolismo de nutrientes e do carbono orgânico em águas residuárias, tais como o de carcinocultura, aqüicultura e curtumes. E dentre as diversas fontes de biomassa, as algas macrófitas ou aguapé (*Eichhornia crassipes*) demonstram uma enorme velocidade de crescimento (360 a 480 t/ha/ano), o que faz com que seja considerada uma importante praga aquática, causando problemas em rios, reservatórios de usinas hidrelétricas e reservatórios de água para irrigação. O aguapé tem a capacidade de incorporar em seus tecidos altas quantidades de nutrientes, segundo a literatura, o que torna interessante sua utilização como agente despoluidor de águas. Dessa forma, pode-se cultivar as algas macrófitas em sistema hidropônico oxigenado tipo “wetland”.

Tal sistema já é bastante conhecido e utilizado comercialmente para produção de hortaliças hidropônicas. Assim podemos cultivar as macrófitas em tanques tipo “wetland” em sequência, para que absorvam e fixem os nutrientes disponíveis, obtendo-se água com características físico-químicas para utilização em sistemas agroindústrias. Os “wetland” construídos são sistemas artificialmente projetados para utilizar plantas aquáticas (macrófitas) em

substratos como areia, cascalhos ou outro material inerte, onde ocorre a proliferação de biofilmes que agregam populações variadas de microrganismos, os quais, por meio de processos biológicos, químicos e físicos, tratam águas residuárias. São caracterizados por apresentarem moderado custo de capital, baixo consumo de energia e manutenção, estética paisagística e aumento do habitat para a vida selvagem (IWA, 2000; RUAN *et al.*, 2006; HEDMARK *et al.*, 2009). Os “wetlands” construídos imitam pântanos naturais, estando entre as tecnologias recentemente eficazes para o tratamento de águas residuais. Têm sido utilizados como alternativas de baixo custo para tratamento de esgoto convencional secundário ou terciário. Existem três tipos de “wetlands” construídos: de fluxo superficial, fluxo vertical integrado e o fluxo subsuperficial. Em contraste com os sistemas de fluxo superficial e vertical integrado está o fluxo subsuperficial, onde seu investimento e custo de operação são mais baixos, entretanto, ocupa grandes áreas estruturais, além de possuir eficiência de tratamento reduzida em relação aos outros (RUAN *et al.*, 2006; CHEN *et al.*, 2008; JOU *et al.*, 2009).

Portanto, a introdução de alternativas tecnológicas para aproveitamento de resíduos orgânicos líquidos na produção de fertilizantes, energia elétrica, mecânica e térmica pelo metano e obtenção de água reutilizável será cada vez maior pelos enormes volumes de resíduos produzidos. Assim, o presente processo de invenção é uma tecnologia relevante e inédita neste contexto. As patentes já requeridas e publicadas não possuem as mesmas inovações aqui reivindicadas.

O Brasil é um país com vocação agroexportadora desde seus primórdios, dessa forma, estimular processos, tecnologias de produção e melhor aproveitamento dos recursos naturais é estratégico e essencial para a sustentabilidade do sistema agropecuário, agroindustrial e sócio-ambiental brasileiro.

Foi pensando no aproveitamento dos resíduos orgânicos líquidos e na obtenção de energia, fertilizantes e em água reutilizável que foi desenvolvido o “PROCESSO DE USO INDUSTRIAL DE RESÍDUOS ORGÂNICOS LÍQUIDOS PARA FABRICAÇÃO DE BIOGÁS (METANO); FERTILIZANTE SÓLIDO ORGÂNICO, ORGANOMINERAL E/OU FONTE DE

NUTRIENTES PARA PLANTAS E NA OBTENÇÃO DE ÁGUA REUTILIZÁVEL EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS”.

ESTADO DA TÉCNICA

O uso de resíduos orgânicos líquidos para fabricação de biogás, fertilizante orgânico sólido e obtenção de água reutilizável em sistemas agroindustriais e agropecuários ainda não foi caracterizado como um único processo de uso, ou seja, até o presente momento sempre foram caracterizados isoladamente e como modelos de utilidade. Além disso, os processos de tratamento em larga escala de resíduos orgânicos líquidos da agropecuária e agroindústria são caracterizados pelo alto custo e pelas dificuldades operacionais de uso.

Buscando integralizar e otimizar a produção, foi desenvolvido o processo de uso industrial de resíduos orgânicos líquidos para fabricação de biogás (metano); fertilizante sólido orgânico, organomineral e/ou fonte de nutrientes para plantas e na obtenção de água reutilizável em sistemas agroindustriais.

Assim, objetivamente, a presente Patente de Invenção consiste em submeter resíduos orgânicos líquidos em biodigestores e produzir metano (biogás). O efluente do biodigestor anaeróbico é conduzido até o reator químico, onde recebe floculantes e surfactantes para remoção parcial de nutrientes. O efluente do reator químico é conduzido até tanques hidropônicos para cultivo de macrófitas, especialmente a *Eicchornia spp.* e *Eicchornia crassipes*. As macrófitas absorvem e fixam os nutrientes do resíduo líquido como fonte nutricional, obtendo água reutilizável em sistemas agroindustriais. O decantado obtido do reator químico e as macrófitas cultivadas são, se necessário, submetidos ao secador de resíduos orgânicos e posteriormente a compostagem físico-química-mecânica ou compostagem biológica para produção de fertilizante orgânico ou fonte nutricional para plantas conforme os padrões internacionais (relação carbono/nitrogênio e CTC/carbono orgânico, carbono orgânico, capacidade de troca catiônica e iônica, demanda bioquímica e química de oxigênio, pH e condutividade elétrica).

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Diferentemente do que é conhecido, a presente Patente de Invenção revela a inovação ao utilizar industrialmente os resíduos orgânicos líquidos para fabricação de metano, fertilizante sólido orgânico e/ou fonte de nutrientes para plantas e obter a água para reutilização em sistemas agroindustriais; num único processo ou sistema.

A Figura 7 esquematiza e exemplifica o processo de uso, objeto da patente presente. As etapas e produtos são apresentados com o intuito de melhorar o entendimento sobre a tecnologia desenvolvida.

O processo é caracterizado por cinco (5) etapas:

1^a Etapa – Resíduo orgânico líquido da agropecuária e agroindústria e aditivos químicos e biológicos são submetidos a biodigestores para a obtenção de metano (1^o produto) pela metanogênese, posteriormente o metano é utilizado para produzir energia térmica, mecânica e elétrica.

2^a Etapa - Efluente do biodigestor anaeróbico é conduzido até um reator químico por gravidade, onde recebe flocculantes e surfactantes (hidróxido de cálcio e sulfato de alumínio, por exemplo) para floculação/precipitação/remoção de sólidos em suspensão ou sais minerais de maior peso molecular ou nutrientes menos solúveis e/ou metais pesados (Mn, Mg, Ca, P, Cu, Fé, Zn, Cr, Co, Mo). O decantado/floculado/precipitado do reator químico é conduzido até o secador de resíduos orgânicos (4^a Etapa) e/ou sistema da compostagem (5^a Etapa).

3^a Etapa – O sobrenadante ou efluente do reator químico é conduzido por gravidade ou não, até um sistema hidropônico oxigenado em série (sistema tipo “wetland”) para cultivo de algas macrófitas, especialmente a *Eichornia spp.* e *Eichornia crassipes*. As macrófitas utilizarão os nutrientes do efluente do reator químico como fonte nutricional, especialmente os sais minerais mais solúveis (N, Na, K), portanto removendo sais e nutrientes do efluente e obtendo água (3^o Produto) em padrões físico-químicos adequados para reutilização em sistemas agroindustriais.

4^a Etapa – O floculado/precipitado/decantado sólido removido do reator químico e as algas macrófitas cultivadas nos sistemas hidropônicos

podem ser conduzidos até o secador de resíduos orgânicos para atingir uma umidade final de até 20%.

5^a Etapa – O composto organomineral (macrófitas, sais minerais, surfactantes e flocculantes) é submetido à compostagem física-química-mecânica ou biológica para produção de fertilizantes orgânicos e/ou fonte de nutrientes para plantas (2^o Produto).

Não foram encontradas informações e modelos de inovação tecnológica na produção industrial de fertilizantes orgânicos, tratamento de resíduos líquidos e reutilização de água similares a estas aqui propostas. Assim como há aplicação e conjugação dos princípios e equipamentos já conhecidos, mas com novos resultados, com maior eficiência e menor custo de operação como aqui apresentado; o processo de uso se caracteriza completamente diferente do que se encontra nos atuais métodos e técnicas.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

A presente invenção tecnológica consiste em apenas um processo contínuo que utiliza os resíduos orgânicos líquidos da agropecuária e agroindústria para produzir metano, fertilizantes e obter água reutilizável. O primeiro processo, ou seja, a produção de metano pela decomposição anaeróbica do resíduo nas quatro etapas convencionais (hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese) no biodigestor anaeróbico. Sequencialmente, o co-produto líquido obtido do biodigestor ou efluente é conduzido até um reator químico por gravidade, para evitar custos com bombas e outros equipamentos, onde recebe flocculantes e surfactantes (hidróxido de cálcio, calcário dolomítico e sulfato de alumínio, dentre outros reagentes em diferentes concentrações) para flocculação/precipitação/remoção de sólidos em suspensão ou sais minerais de maior peso molecular ou nutrientes menos solúveis e/ou metais pesados (Mn, Mg, Ca, P, Cu, Fe, Zn, Cr, Co, Mo). O decantado/floculado/precipitado do reator químico é então conduzido até o secador de resíduos orgânicos (4^a Etapa) e/ou sistema da compostagem (5^a Etapa). Na terceira etapa, o sobrenadante ou efluente do reator químico é conduzido por gravidade até um sistema hidropônico oxigenado em série (sistema tipo “wetland”) para cultivo de algas macrófitas, especialmente com as

algas *Eicchornia spp.* e *Eicchornia crassipes*. As macrófitas utilizam os nutrientes do efluente do reator químico como fonte nutricional, especialmente os sais minerais mais solúveis (N, Na, K), portanto removendo sais e nutrientes do efluente e obtendo água (3º Produto) em padrões físico-químicos adequados para reutilização em sistemas agroindustriais. Na quarta etapa o floculado/precipitado/decantado sólido removido do reator químico e as algas macrófitas cultivadas nos sistemas hidropônicos podem ser conduzidos até o secador de resíduos orgânicos para atingir uma umidade final de até 20%. A utilização ou não do secador, vai depender da compostagem a ser utilizada e do produto que se deseja obter. Por fim, na quinta etapa o composto organomineral (macrófitas, sais minerais removidos nas etapas anteriores) é submetido à compostagem físico-química-mecânica ou biológica para produção de fertilizantes orgânicos e/ou fonte de nutrientes para plantas (2º Produto).

O processo descrito nesta patente é inovador, pois propõe uma alternativa para a maximização do aproveitamento dos nutrientes contidos no efluente com um custo e operacionalidade viáveis, em que ao final obterá uma baixíssima carga orgânica, evitando danos ou prejuízos ambientais e reutilizando a água em sistemas agroindustriais. A otimização ocorre ao retirar os macro e micronutrientes com auxílio das macrófitas e agentes químicos e então utilizar a compostagem físico-química-mecânica conforme descrita na patente número PI0910087-3 A2 (Processo Industrial de Compostagem Físico-Química-Mecânica e Peletização na Fabricação de Biofertilizante, Fertilizante Organomineral e/ou Fertilizante Orgânico Composto a partir de Co-Produtos ou Resíduos Agropecuários e/ou Agroindustriais) que por si só já se trata de uma inovação tecnológica, para refere-se a obtenção de fertilizante orgânico, organomineral e/ou fonte de nutrientes para plantas.

Atualmente não há patentes ou pedidos semelhantes a esta. Dentre os pedidos de modelo de utilidade ou patente de invenção, tais como PI0107110-6 A2 (Biodigestor para compostagem acelerada com o emprego do oxigênio puro industrial 90%) e PI9402329-8 A2 (Biodigestor para compostagem acelerada com emprego de oxigênio puro) e o modelo de utilidade MU7600202-0 U2 (Biodigestor para compostagem acelerada com emprego de oxigênio puro industrial), nenhuma refere-se as presente reivindicações.

Algumas outras patentes e modelos de utilidade descrevem um biodigestor e consideram o efluente como um composto com propriedades para a recuperação do solo ou fertilizante, como as patentes e modelo de utilidade números PI9502220-1 A2 (Disposição de biodigestor para produção de fertilizantes) e MU7100109-3 U2 (Biodigestor em processo aeróbio ou anaeróbio para a compostagem de matéria orgânica), respectivamente. Além das possíveis diferenças nutricionais, o diferencial da utilização da compostagem físico-química-mecânica ao final do processo, está no produto obtido, que é seco e pode ser facilmente peletizado ou ainda utilizado para fabricação de fertilizante organomineral. Lembrando ainda que a retirada de nutrientes pelos agentes químicos e biológico (macrófitas) antes da compostagem e a sua reintrodução na fabricação de fertilizantes provém maior rendimento industrial e maior quantidade de nutrientes no produto final (fertilizante orgânico).

Portanto, são vantagens da presente invenção:

1. O melhor aproveitamento dos nutrientes presentes no efluente dos biodigestores, devido à retirada destes tanto pela macrófita quanto pelos agentes flocculantes e sequente compostagem físico-química-mecânica, evitando perdas como a volatilização do nitrogênio e otimizando as características nutricionais.

2. Não utilizar nenhuma substância ou molécula, que não às desejadas para a nutrição das plantas.

3. Ao final, obtemos energia na forma de metano, fertilizante sólido de alta qualidade e água reutilizável em sistemas agroindustriais com a mitigação de dano ou ônus ambiental

4. Facilidade de implementação e baixo custo de operação do processo.

5. Incentivo ao tratamento de passivos ambientais, pois ao final se obtém um produto de alto valor agregado.

6. Utilizar processo de compostagem físico-química-mecânica já existente.

Com a intenção de ilustração e exemplificação, a Figura 7 ilustra o “Processo de Uso Industrial de Resíduos Orgânicos Líquidos para Fabricação de Biogás (Metano); Fertilizante Sólido Orgânico, Organomineral e/ou Fonte de

Nutrientes para Plantas e para Obtenção de Água Reutilizável em Sistemas Agroindustriais”, sendo apresentada com o intuito de melhorar o entendimento sobre a tecnologia desenvolvida.

8.1.3 Reivindicações

1. PROCESSO DE USO INDUSTRIAL DE RESÍDUOS ORGÂNICOS LÍQUIDOS PARA FABRICAÇÃO DE BIOGÁS (METANO); FERTILIZANTE SÓLIDO ORGÂNICO, ORGANOMINERAL E/OU FONTE DE NUTRIENTES PARA PLANTAS E PARA OBTENÇÃO DE ÁGUA REUTILIZÁVEL EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS, compreendido pela conjugação de processos em diferentes etapas: 1ª Etapa – resíduo orgânico líquido da agropecuária e agroindústria e aditivos químicos e biológicos são submetidos em biodigestores para obter o metano (1º produto) pela metanogênese, posteriormente o metano é utilizado para produzir energia térmica, mecânica e elétrica; 2ª Etapa - efluente do biodigestor anaeróbico é conduzido até um reator químico por gravidade, onde recebe floclulantes e surfactantes para floclulação/precipitação/remoção de sólidos em suspensão ou sais minerais de maior peso molecular ou nutrientes menos solúveis e/ou metais pesados (Mn, Mg, Ca, P, Cu, Fé, Zn, Cr, Co, Mo). O decantado/floclulado/precipitado do reator químico é conduzido até o secador de resíduos orgânicos (4ª Etapa) e/ou sistema da compostagem (5ª Etapa); 3ª Etapa – o sobrenadante ou efluente do reator químico é conduzido por gravidade até um sistema hidropônico oxigenado em série (sistema tipo “wetland”) para cultivo de algas macrófitas, especialmente a *Eicchornia spp.* e *Eicchornia crassipes*. As macrófitas utilizarão os nutrientes do efluente do reator químico como fonte nutricional, especialmente os sais minerais mais solúveis (N, Na, K), portanto remove sais e nutrientes do efluente e obtém-se água (3º Produto) em padrões físico-químicos adequados para reutilização em sistemas agroindustriais; 4ª Etapa – O floclulado/precipitado/decantado sólido removido do reator químico e as algas macrófitas cultivadas nos sistemas hidropônicos podem ser conduzidos até o secador de resíduos orgânicos para atingir uma umidade final de até 20%; 5ª Etapa – o composto orgânico desidratado (macrófitas e floclulado de minerais) são submetidos a

compostagem física-química-mecânica para produção de fertilizantes orgânicos e/ou fonte de nutrientes para plantas (2º Produto).

2. PROCESSO DE USO INDUSTRIAL DE RESÍDUOS ORGÂNICOS LÍQUIDOS PARA FABRICAÇÃO DE BIOGÁS (METANO); FERTILIZANTE SÓLIDO ORGÂNICO, ORGANOMINERAL E/OU FONTE DE NUTRIENTES PARA PLANTAS E PARA OBTENÇÃO DE ÁGUA REUTILIZÁVEL EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS; o processo é compreendido pela conjugação de equipamentos e técnicas conhecidas para gerar novos resultados, especificamente água reutilizável, metano e fertilizante orgânico sólido e/ou fonte de nutrientes para plantas, gerados a partir de resíduos orgânicos líquidos da agroindústria e da agropecuária.

8.1.4 Desenho

FIGURA 7 Fluxograma geral do processo

