



III SEMINÁRIO
AMBIENTAL

RESÍDUOS, FERTILIZAÇÃO E BIOENERGIA

BOAS PRÁTICAS NO MEIO RURAL



III SEMINÁRIO AMBIENTAL

RESÍDUOS, FERTILIZAÇÃO E BIOENERGIA

BOAS PRÁTICAS NO MEIO RURAL

BELO HORIZONTE



2016



ÍNDICE

APRESENTAÇÃO

ROBERTO SIMÕES | PRESIDENTE DA FAEMG

6

USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA AGRICULTURA

ANTÔNIO TEIXEIRA DE MATOS

12

TRANSFORMAÇÃO DE RESÍDUOS EM BIOENERGIA

EVANDRO BARROS

22

MANEJO E APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS E EFLUENTES NA GRANJA TRÊS LAGOAS

ORLANDO ROLÓN

28

RESÍDUOS SÓLIDOS E LIXO DOMÉSTICO NO MEIO RURAL

ALICE LIBÂNIA SANTANA DIAS

34

PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL NA FAZENDA

JUAREZ DE SOUZA E SILVA

40

A CONSOLIDAÇÃO DA BIOMASSA COMO INSUMO ENERGÉTICO

SEBASTIÃO RENATO VALVERDE

54



“Temos tecnologia, mas precisamos inovar sempre para prosseguir produzindo e conservando. Para tanto, criamos o programa Nosso Ambiente, que engloba todas essas atividades, bem como ações de fortalecimento institucional e disseminação de bons exemplos”

O Sistema FAEMG tem participado do esforço mundial de incentivar a produção de acordo com os preceitos da sustentabilidade, buscando o equilíbrio entre os aspectos econômico, social e ambiental. Tem pautado suas ações em consonância com os Dezessete Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, a Agenda Brasil 2030 e o Acordo de Paris para o Clima no Mundo. O cumprimento desses acordos é fundamental para a qualidade de vida no planeta.

Em alguns anos, a população mundial será superior a 9 bilhões de habitantes, com renda crescente e reflexos nos hábitos de consumo. A ONU estima que a demanda por água crescerá 55% e será necessário produzir 70% mais alimentos em 2050. A FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) espera só do Brasil – um dos poucos países com potencial para expandir substancialmente a agropecuária – crescimento mínimo em torno de 40%, nas próximas duas décadas.

Juntamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, foi divulgado que a sustentabilidade não será atingida sem a erradicação da pobreza, que é mais grave no meio rural. Em Minas Gerais, o Cadastro Ambiental Rural revela que aproximadamente 90% de nossos estabelecimentos rurais são pequenos. Eles somam cerca de 500 mil propriedades e posses, onde vivem famílias que precisam de renda e acesso à água, à saúde, à segurança e à educação para que essas propriedades sejam sustentáveis. Outro dos nossos objetivos é atender a esses produtores.

Temos tecnologia, mas precisamos inovar sempre para prosseguir produzindo e conservando. Para tanto, criamos o programa Nosso Ambiente, que engloba todas essas atividades, bem como ações de fortalecimento institucional e disseminação de bons exemplos. E, como parte desse esforço, realizamos todos os anos o Seminário Ambiental para discutir e difundir temas que auxiliem na complexa tarefa de promover a sustentabilidade.

Em 2016, discutimos Resíduos, Fertilização e Bioenergia e apresentamos nesta publicação as informações abordadas no seminário. Os artigos tratam dos tipos de resíduos e efluentes gerados nas atividades rurais, reúso na agricultura de matéria orgânica para melhoramento da fertilidade do solo, descarte correto dos dejetos e possibilidades de geração de energia de forma sustentável. Tudo isso previne, de forma significativa, a poluição dos recursos hídricos. Nossa intenção é mostrar alternativas para a utilização de materiais com potencial poluidor, como insumos na produção de alimentos, fibras e energia. Boa leitura!

Roberto Simões
Presidente do SISTEMA FAEMG

A photograph of three individuals seated on a stage for a panel discussion. From left to right: a woman with long brown hair, a man with glasses and a grey jacket, and a man with glasses and a red sweater. They are all seated in orange chairs with black frames. The man in the center is speaking into a microphone. The background is a plain, light-colored wall.

Alice
Libânia
Santana
Dias

Sebastião
Renato
Valverde

Juarez de
Souza
e Silva

Antônio
Teixeira
de Matos

Orlando
Rolón

Evandro
Barros



ANTÔNIO TEIXEIRA DE MATOS

Professor Titular da
Universidade Federal
de Minas Gerais, no
Departamento de Engenharia
Sanitária e Ambiental.

Uso de águas residuárias na agricultura

A disposição de águas residuárias, tratadas ou não, no solo é de interesse crescente, sendo alternativa ao tratamento convencional para:

- esgoto sanitário de pequenas comunidades urbanas e rurais;
- esgoto sanitário de bairros isolados de cidades de grande porte;
- águas residuárias de criatórios de animais;
- águas residuárias agroindustriais etc.

APROVEITAMENTO AGRÍCOLA

Águas residuárias são aquelas que contêm resíduos. Têm potencial para aproveitamento agrícola as que são provenientes de criatórios de animais (suinocultura, pequenos animais, sala de ordenha e pátios de confinamento de bovinos, aquicultura etc.), as geradas na agroindústria (laticínios, produção de açúcar e álcool, abatedouros, processamento de alimentos, do couro etc.) e as provenientes de atividades urbanas, principalmente esgoto doméstico.

O aproveitamento agrícola de águas residuárias não é proposta atual; tem sido feito há muito tempo, em todo o mundo. Abaixo, pequeno histórico do aproveitamento agrícola de águas residuárias:

- a aplicação é feita desde tempos da Grécia e Roma antigas;
- no período de 1840-1890 houve grande desenvolvimento na Inglaterra e nos EUA, tendo sido utilizada como alternativa à falta de saneamento básico;
- com a desinfecção de águas residuárias com cloro (iniciada por volta de 1910), diminuíram as pesquisas com sistemas de disposição final no solo;
- a partir de 1950, a disposição no solo voltou a ser valorizada, em vista da necessidade de se minimizar o processo de eutrofização (processo através do qual um corpo de água adquire níveis altos e nutrientes, provocando o posterior acúmulo de matéria orgânica em decomposição) de corpos hídricos receptores;
- a partir de 1977, passou a ser considerada como processo de alta eficiência no controle de agentes patogênicos e de outros poluentes;
- hoje em dia, há o emprego, na forma bruta ou tratada, na Inglaterra, China, Áustria, México, França, África do Sul, Argentina, Israel, Índia, Hungria, Bélgica, EUA, Austrália, Espanha, Portugal etc.

GERAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA ATIVIDADE AGROPECUÁRIA

CRIATÓRIO DE ANIMAIS

Quantidade de água residuária produzida por unidade animal:

- suinocultura: média de 5 a 15 l cab⁻¹ dia⁻¹;
- bovinos de corte: média de 150 l / (t viva dia);
- criação de peixe, camarão, mexilhão, ostra etc.: depende do processo. No caso da criação em que há troca contínua da água nos tanques há geração de grandes volumes de água residuária por unidade animal produzida; quando a troca da água dos tanques é feita apenas ao final do período de crescimento do animal (despesca) há geração de pequenos volumes, embora a concentração de poluentes seja muito maior.

AGROINDÚSTRIAS

Processamento da cana-de-açúcar

Especificamente na produção de álcool, a geração da vinhaça (água residuária desse processo) é de 13 l por cada litro de álcool produzido.

Produção de carne fresca e respectivos cortes

A produção de águas residuárias em abatedouros é de 0,3 – 0,4 m³ por bovino abatido; 0,3 a 0,5 m³ por suíno abatido; 0,2 a 0,3 m³ por ovino abatido; e 13 l por ave abatida.

Processo de lavagem e descascamento/despolpa de frutos do cafeeiro



Na lavagem/separação hidráulica dos frutos do cafeeiro é produzido 1 litro de água residuária por cada litro de fruto processado, enquanto no descascamento essa proporção é de 4 litros para 1 litro.

Laticínios

No processamento do leite, a etapa de resfriamento e condensação gera água residual, ou seja, aquela que não contém resíduos, e que, portanto, deve ser recirculada no processo. Na lavagem de equipamentos e instalações gera-se água residuária contendo soluções alcalinas, ácidas e desinfetantes. A quantidade gerada é de 0,5 – 3 litros por litro de leite processado. As águas de processos contaminadas por leite integral e processado ou por componentes de leite são de cerca de 3 a 4 litros para cada litro de leite processado, acrescidas de mais 5 a 10 litros de soro para cada quilo de queijo produzido.

QUALIDADE DAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

A primeira discussão em referência à avaliação da qualidade da água residuária, no que se refere ao seu aproveitamento agrícola, é a de que essas águas não têm os nutrientes presentes na proporção requerida pelas culturas agrícolas. Considerando que os nutrientes devam ser dispostos no solo de forma que as plantas os absorvam e não haja sobra, há de se efetuar uma avaliação do elemento químico de referência, ou seja, daquele que possibilitará a satisfação da cultura com a menor dose de água residuária.

A dose de aplicação estabelecida pelo elemento químico referência não proporcionará o fornecimento de qualquer outro nutriente ou poluente em quantidades acima das requeridas pela cultura ou que venham trazer malefícios ambientais.

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA BÁSICA DE DIVERSAS ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Águas residuárias agroindustriais

- curtume: 200 a 1.400 mg l⁻¹ de N; 2 mg l⁻¹ de P; 50 mg l⁻¹ de K e 3 a 107 mg l⁻¹ de Cr.
- vinhaça: 500 a 700 mg l⁻¹ de N; 10 a 200 mg l⁻¹ de P e 3.300 a 4.600 mg l⁻¹ de K
- laticínios: 60 a 1.300 mg l⁻¹ de N; 10 mg l⁻¹ de P; 10 a 600 mg l⁻¹ de K e 30 a 200 mg l⁻¹ de Na;
- processamento dos frutos do cafeeiro: 100 a 400 mg l⁻¹ de N; 4 a 25 mg l⁻¹ de P e 115 a 1.140 mg l⁻¹ de K.

Elemento químico referência em águas residuárias de criatórios de animais

- suinocultura: 900 a 86.000 mg l⁻¹ de N; 30 a 2.500 mg l⁻¹ de P; 50 a 1.600 mg l⁻¹ de K e 1 a 780 mg l⁻¹ de Cu.
- bovinocultura: 1.700 a 3.000 mg l⁻¹ de N; 300 a 1.000 mg l⁻¹ de P; 2.600 a 3.000 mg l⁻¹ de K e 1.200 mg l⁻¹ de Na.

Águas residuárias urbanas

- esgoto doméstico: 20 a 90 mg l⁻¹ de N; 4 a 12 mg l⁻¹ de P; 10 a 60 mg l⁻¹ de K e 20 a 60 mg l⁻¹ de Na.

Cr – Crômio; Cu – Cobre; K – Potássio; N – Nitrogênio; Na – Sódio; P – Fósforo

IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA DISPOSIÇÃO INADEQUADA

EM CORPOS HÍDRICOS

Os principais impactos do lançamento de águas residuárias em corpos hídricos receptores são:

- aumento na turbidez da água;
- diminuição na concentração de OD no meio;
- disseminação de patógenos;
- contaminação da água com gordura, detergentes etc.;
- riscos de contaminação de águas superficiais, sobretudo no que se refere ao processo de eutrofização.

NO SOLO

Os impactos decorrem da aplicação de doses acima das adequadas, que poderão proporcionar: diminuição na permeabilidade; salinização, além de contaminação das águas subterrâneas. O uso de doses inadequadas pode trazer problemas para o sistema solo-planta e contaminação ambiental.

IMPLICAÇÕES ECONÔMICAS E LEGAIS DA GESTÃO INADEQUADA DOS RESÍDUOS

Aspectos econômicos e legais deverão ser considerados para que se possa avaliar as vantagens da disposição adequada de águas residuárias:

- aumento no custo de produção, em decorrência de multas e problemas com órgão ambiental;
- possíveis atritos com vizinhança;
- ampliação do mercado, notadamente o externo, e aumento dos lucros na comercialização do produto, possibilitados pela obtenção da certificação ambiental.

Exemplo: a série ISO (Organização Internacional de Padronização) 14000 exige preparo interno e externo do processo produtivo para que se possa conseguir a qualidade ambiental e, entre as ações mais importantes, está o adequado tratamento dos resíduos gerados.

LEGISLAÇÃO REFERENTE A LANÇAMENTO DE EFLUENTES EM CORPOS HÍDRICOS RECEPTORES

A legislação ambiental estabelece padrões para lançamento de efluentes em corpos hídricos receptores:

- * Federal: Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011;
- * Estadual de Minas Gerais: Deliberação Normativa CERH/COPAM nº 1/2008.

FERTIRRIGAÇÃO

Fertirrigação é a técnica de adubação que utiliza a água de irrigação ou águas residuárias de interesse por meio da qual é feita a aplicação de nutrientes no solo, enquanto *Irrigação* é definida como a técnica para fornecimento de água, em quantidade



suficiente e no momento certo, assegurando-se a produtividade do cultivo agrícola. Essas duas práticas não devem ser confundidas, já que a fertirrigação não visa ao suprimento de água para a cultura e, sim, à adição de nutrientes em quantidades levemente superiores às necessidades da cultura. Para isso, a lâmina ou dose a ser aplicada ao solo deverá ser definida com base no nutriente cuja quantidade seja satisfeita com a menor dose de água residuária.

VANTAGENS

As seguintes vantagens podem ser listadas para a utilização da fertirrigação como forma de disposição final de águas residuárias:

- não lançamento, tratadas ou não, em corpo hídrico receptor superficial;
- tratamento: solo é meio filtrante que possibilita remoção de sólidos em suspensão e dissolvidos, além de patógenos;
- possibilidade do aproveitamento para:
 - * recarga de aquíferos, proporcionando aumento na disponibilidade de água;
 - * aumento na produtividade agrícola.
- investimento de baixo custo;
- baixo custo na operação e no consumo de energia, apresentando custo final de 20% a 30% do referente ao tratamento convencional;
- pequena exigência na capacitação de mão de obra.

A fertirrigação é considerada excelente para aplicação em países de clima tropical, com grande extensão territorial e áreas disponíveis para sua implantação.

ASPECTOS A SEREM CONSIDERADOS

SANITÁRIOS

A sobrevivência dos micro-organismos em áreas agrícolas receptoras de águas residuárias depende: da cultura, do tipo de solo, do sistema de aplicação e da forma em que se consumirá o produto colhido. Há que ressaltar que o solo é ambiente não adequado à sobrevivência de micro-organismos exógenos. Por essa razão, ao contrário do que muitos

apregoam, o problema de contaminação biológica é considerado pouco crítico, quando se utiliza a fertirrigação com águas residuárias contaminadas, o que decorre da competição por alimento, da predação e do efeito antagônico de substâncias antibióticas, produzidas por outros grupos, a que estão sujeitos os micro-organismos do trato intestinal humano ou animal, no solo.

AMBIENTAIS

Entre os riscos frequentemente citados em relação à disposição de águas residuárias no solo estão o de dispersão da argila e de salinização do solo e/ou, de contaminação de águas subterrâneas e do ecossistema com metais pesados e outras substâncias tóxicas.

O risco de dispersão da argila pode ser considerado inexistente, em razão de a água residuária ser salina, fator que ao invés de favorecer a dispersão, na verdade favorece a floculação da argila do solo. Os demais riscos estão diretamente associados à dose aplicada, sendo, então, controláveis.

No que se refere especificamente ao risco de contaminação com metais pesados, há de se considerar que o solo possui grande capacidade de retenção desses materiais, o que dependerá do conteúdo de matéria orgânica, do tipo e da quantidade de argilominerais presentes e do pH no meio. Entretanto, caso seja ultrapassada a capacidade de retenção de metais pesados pelo solo, haverá biodisponibilidade, ficando o metal disponível para lixiviação (escoamento pelo meio poroso do solo), podendo vir a contaminar as águas subterrâneas e/ou ser absorvido pelas plantas, incorporando-se à cadeia alimentar.

AGRONÔMICOS

A fertirrigação com águas residuárias pode ser feita em culturas anuais ou perenes; entretanto, deve-se dar preferência àquelas com grande capacidade de extração de nutrientes. Aspectos de tolerância à salinidade/fitotoxicidade a componentes da água residuária também devem ser levados em consideração.

• Doses de aplicação

O primeiro passo é a definição do elemento químico referência, que pode ser tanto nutrientes para as plantas como elementos químicos indesejáveis (sódio, boro, metais pesados etc.), sendo a equação geral de definição da dose:

$$D_{Ref} = (Q_{Req})/C_{Disp\ resíduo}$$

Em que:

D_{Ref} – estimativa preliminar da dose recomendada considerando os elementos químicos de interesse e/ou preocupação (massa ou volume por unidade de área de solo e tempo);

Q_{Req} – quantidade requerida de nutrientes ou aceitável de poluentes (massa por unidade de área);

$C_{Disp\ resíduo}$ – concentração de nutrientes disponibilizável pelo resíduo (massa por unidade de volume ou massa e tempo).

Nutrientes como nitrogênio, fósforo e enxofre estão associados à matéria orgânica da água residuária e deverão ter a dose definida por:

$$C_{Disp\ resíduo} = C_{Org} \times T_{m2} + C_{Min}$$

Em que:

C_{Org} – concentração do elemento químico na forma orgânica;

C_{Min} – concentração na forma mineral (massa por unidade de massa);

T_{m2} – taxa de mineralização do material orgânico da água residuária (massa por unidade de massa e tempo).

Elementos químicos como potássio, sódio e boro, por estarem prontamente disponíveis (não associados ao material orgânico da água residuária), ou aqueles para os quais existem limites de carga a ser aplicada no solo (ex. metais pesados), considerar $T_{m2} = 1$, sendo a equação de estimativa da dose de aplicação:

$$C_{Disp\ resíduo} = C_{Total}$$

Nitrogênio como nutriente referencial

Caso o nitrogênio tenha sido definido como elemento químico referencial, há que considerar o fornecimento proporcionado pela matéria orgânica já presente no solo e as significativas perdas nas quais estão sujeitas a fração mineral. Por essa razão, recomenda-se a utilização de uma equação mais refinada para definição da dose a ser aplicada ao solo:

$$D_{AR} = N_{abs} - N_{disp-solo}/N_{disp-resíduo}$$

Em que:

N_{abs} – N absorvido pela cultura.

$N_{disp-solo}$ – N aproveitável disponibilizado pelo solo:

$$N_{disp-solo} = T_{m1} \times m.o. \times ps \times p \times 10^7 \times 0,05 \times n/12$$

$N_{disp-resíduo}$ – N disponibilizado pelo resíduo em aplicações superficiais no solo:

$$N_{disp} = T_{m2} \times n/12 \times N_{org} + (N_{amon} + N_{nitrate}) \times PR$$

APLICAÇÃO NO PRIMEIRO ANO

A dose de água residuária a ser aplicada no primeiro ano pode ser obtida por:

$$D_{AR} = 1000 \times [N_{abs} - (T_{m1} \times m.o. \times ps \times p \times 10^7 \times 0,05 \times n/12)] / [T_{m2} \times n/12 \times N_{org} + (N_{amon} + N_{nitrate}) \times PR]$$

Em que:

D_{AR} – dose a ser aplicada ($m^3\ ha^{-1}$);

N_{abs} – absorção de N para obtenção da produtividade desejada ($kg\ ha^{-1}$);

T_{m1} – taxa anual de mineralização da matéria orgânica já existente no solo ($0,01$ a $0,15\ kg\ kg^{-1}\ ano^{-1}$, sendo comum usar de 1 a $2\ dag\ kg^{-1}$);

$m.o.$ – conteúdo de matéria orgânica do solo ($kg\ kg^{-1}$);

ps – massa específica do solo ($t\ m^{-3}$);

p – profundidade do solo considerada (m) à geralmente $20\ cm$ de solo;

n – número de meses considerados do ano;

T_{m2} – taxa de mineralização do N_{org} ;

N_{org} – nitrogênio orgânico ($mg\ l^{-1}$);

N_{amon} – nitrogênio amoniacal ($mg\ l^{-1}$);

$N_{nitrate}$ – nitrogênio nítrico ($mg\ l^{-1}$).

PR – proporção na recuperação do N mineral pela cultura ($kg\ kg^{-1}\ ano^{-1}$):

* aplicação subsuperficial ou culturas com sistema radicular extensivo: $0,7$ a $0,85$;

* culturas anuais: $0,5$.

Aplicações sucessivas:

Caso se queira calcular a dose de água residuária a ser aplicada numa mesma área, para mesma cultura e solo, pode-se obter o valor da dose de aplicação utilizando-se a seguinte equação:

$$D_{AR} = 1000 \times [N_{abs} - (T_{m1} \times m.o. \times ps \times p \times 10^7 \times 0,05)] \times (1 - T_{m2ACUM}) / [T_{m2} \times N_{org} + (N_{amon} + N_{nitrate}) \times PR]$$

Em que:

T_{m2ACUM} é a massa de N disponibilizada com a mineralização do residual das aplicações sucessivas, ao longo dos anos ($kg\ kg^{-1}$)

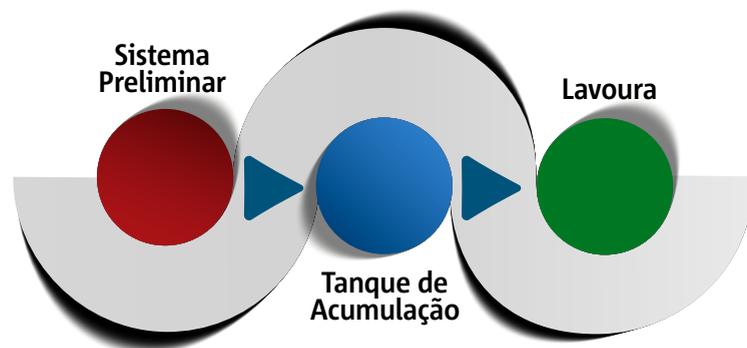
O valor de T_{m2ACUM} pode ser obtido por equações específicas, ajustadas aos dados conhecidos de Taxa de Mineralização Anual da matéria orgânica contida em cada água residuária.

Metais pesados como elementos químicos referenciais

Os Limites de concentração e de carga cumulativa e anual de aplicação de metais pesados no solo foram estabelecidos na Resolução CONAMA 375/2006, podendo ser utilizados outros referenciais estabelecidos na EPA (1996).

FORMAS DE APLICAÇÃO NO SOLO

A sequência de operações para aplicação de águas residuárias no solo deve seguir o seguinte:

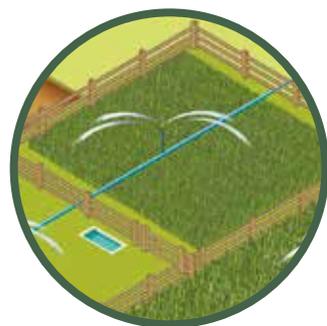


Caso haja interesse no tratamento prévio antes de sua disposição no solo, recomenda-se que o grau de tratamento não seja maior que o primário, tendo em vista que tratamentos mais avançados irão provocar maior desequilíbrio químico na água residuária, prejudicando ou limitando seu uso na fertirrigação.

Os sistemas de aplicação de águas residuárias no solo podem ser a aspersão, o gotejamento ou aplicação por superfície.

Águas residuárias brutas devem ser aplicadas utilizando-se a aspersão de média/alta pressão ou por superfície, e aquelas submetidas a processos de remoção de sólidos em suspensão podem ser aplicadas por microaspersão e gotejamento.

A escolha do método de aplicação deve levar em consideração: economia, eficiência, manutenção e operação.



Aspersão



Gotejamento



Aplicação por superfície

SITUAÇÃO ATUAL DA FERTIRRIGAÇÃO COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS NO MUNDO

- **Austrália:** esgoto tratado utilizado na fertirrigação de 240 km² de área de cultivo de hortaliças (82% do total das águas reutilizadas);
- **México:** desde 1890, águas residuárias tratadas ou minimamente tratadas da Cidade do México são utilizadas na fertirrigação de 90.000 ha de terras agrícolas de cultivo de milho e até hortaliças;
- **Grécia:** esgoto tratado utilizado na fertirrigação de vinhas, beterraba açucareira, tomate e flores. Cultivo hidropônico em estudo;
- **Argentina:** efluente de lagoas de estabilização na fertirrigação de vinhas, florestas, oliveiras, alfafa, fruteiras, área de 3.640 ha;
- aumento da área de fertirrigação em regiões de clima árido em Israel, Jordânia, Kuwait, Tunísia, Emirados Árabes Unidos, Portugal, Espanha, sul da França, Grécia.



Baixo custo de implantação e operação; alta eficiência na remoção de poluentes.

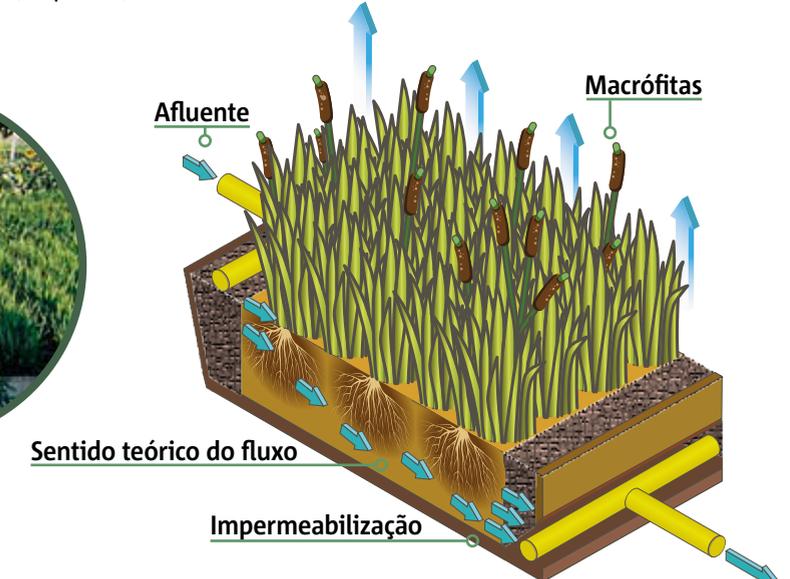
OPÇÕES DE CULTIVOS AGRÍCOLAS COM FERTIRRIGAÇÃO

Entre as culturas que podem ser objeto de fertirrigação com águas residuárias estão o milho e outras, com as quais se pode fazer silagem para alimentação animal ou para a produção de biogás; cana-de-açúcar, para a produção de álcool; dendê e outras, para a produção de biodiesel; culturas alimentícias, em geral; produção de madeira, fibras (algodão) e outras matérias-primas industriais.

SISTEMAS ALAGADOS CONSTRUÍDOS (WETLANDS)

Sistemas alagados construídos também são alternativa de baixo custo de implantação e operação para tratamento e produção agrícola com águas residuárias, tendo em vista que apresentam alta eficiência na remoção de poluentes.

Esses sistemas funcionam tal como hidropônicos, tendo a água residuária como solução nutritiva para as plantas cultivadas.



Sentido teórico do fluxo

Impermeabilização



EVANDRO BARROS

Analista da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), atuando em gestão ambiental em granjas de suínos e aves, capacitação de multiplicadores e transferência de tecnologia.

Transformação de resíduos em bioenergia

BIODIGESTÃO ANAERÓBIA

A biodigestão anaeróbia é um processo conhecido há muito tempo e seu emprego para a produção de biogás e geração de energia térmica, iluminação e biofertilizante é muito popular em alguns países do mundo, principalmente China e Índia.

No Brasil, o interesse pelo biogás intensificou-se nas décadas de 70 e 80, especialmente entre os suinocultores. Programas oficiais estimularam a implantação de muitos biodigestores focados principalmente na geração de energia, na produção de biofertilizante e na diminuição do impacto ambiental.

No final da década de 90, um novo movimento envolvendo o interesse no biogás começou a surgir, motivado pela possibilidade de inserção dos processos de anaerobiose no mercado de carbono via MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo). Em 2005, com a ratificação da Rússia no protocolo de Quioto, grande euforia foi gerada com a possibilidade da entrada em mercado de créditos de carbono.

Nos últimos anos a geração de energia elétrica a partir do biogás também passou a ter importância no Brasil, dando um novo impulso ao seu uso. Atualmente este mercado está relativamente aquecido em decorrência da resolução normativa 687

da Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica), publicada em novembro de 2015, regulamentando o sistema de cogeração de energia elétrica produzida a partir de resíduos orgânicos, como é o caso dos dejetos animais.

PRINCIPAIS DIFICULDADES DA GERAÇÃO DE BIOENERGIA

As primeiras experiências com biodigestores objetivando a produção de energia limpa não foram muito bem-sucedidas, levando a uma percepção negativa dessa prática. Muitos foram os projetos que causaram prejuízos principalmente pela falta de planejamento e certa ilusão sobre possíveis ganhos muito maiores do que os realmente alcançados. Algumas das principais causas dos fracassos são:

A) CARÊNCIA DE CONHECIMENTO TECNOLÓGICO SOBRE CONSTRUÇÃO E OPERAÇÃO DE BIODIGESTORES

Está diretamente ligada a questões de assistência técnica, acompanhada de um programa de pós-venda das empresas do ramo. Existem muitas empresas fabricantes e fornecedoras de equipamentos para biodigestão e geração de biogás, mas estão concentradas na região Sul do país. Também existe a carência de profissionais

habilitados a elaborar projetos e estudos de viabilidade econômica, diminuindo, assim, os riscos de insucesso dos agricultores e pecuaristas que decidem adotar a tecnologia.

B) ALTO CUSTO DE IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO

O custo é vinculado ao benefício gerado pela tecnologia. Em algumas situações, os valores nominais orçados no projeto são relativamente altos, desmotivando potenciais usuários. Porém, sua recuperação é rápida, com viabilidade assegurada. Por outro lado, valores baixos de investimento não significam necessariamente viabilidade e por vezes frustram as pretensões e, ao invés de serem solução, tornam-se mais um problema a ser resolvido.

Tabela 1:

Médias (g.l-1) das determinações de carga orgânica e nutrientes para a alimentação e o efluente do biodigestor.

Parâmetro	Afluente	Efluente	Redução (%)
DQO	65,09 ± 14,56	8,27 ± 1,58	87,30
DBO5	34,30 ± 8,11	3,00 ± 1,34	91,25
NH3	2,52 ± 0,75	2,36 ± 0,63	6,34
NTK	4,53 ± 1,07	3,14 ± 0,50	30,68
PTotal	1,60 ± 0,41	0,22 ± 0,02	86,25
Sólidos Voláteis	39,22 ± 17,54	8,29 ± 4,57	78,86

Fonte: Kunz, 2004

Na tabela 1 é possível observar a redução do poder poluente entre a entrada e a saída do biodigestor, porém o efluente permanece com poder poluidor muito alto. Especialmente com relação ao fósforo (PTotal), é importante saber que esse nutriente fica adsorvido nos sólidos que podem estar decantados no interior do biodigestor, e dessa forma continuam presentes, sendo necessário, por ocasião da limpeza com retirada desse material, destino adequado, que poderá ser a adubação do solo.

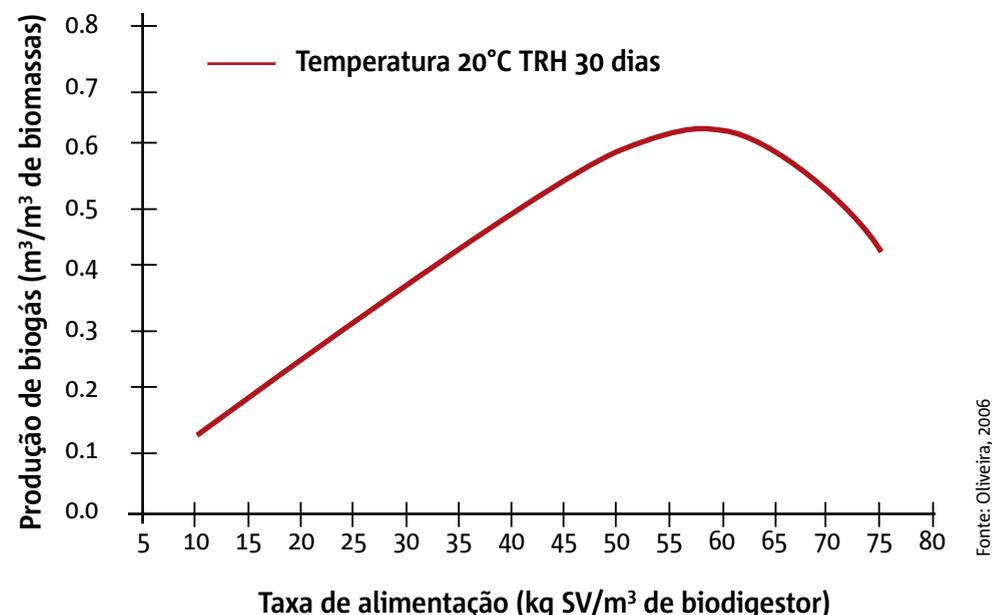
C) O FATO DE O BIODIGESTOR NÃO SER UM SISTEMA COMPLETO DE TRATAMENTO DE DEJETOS (questão ambiental)

A instalação de um biodigestor como única ferramenta para resolver a questão ambiental dos dejetos está longe de ser uma verdade. O processo de biodigestão da matéria orgânica contida nos dejetos diminui o potencial poluidor desses. Mas o digestato (água residuária) continua com concentração de nutrientes como nitrogênio e fósforo muito acima dos padrões considerados seguros para serem lançados em corpos receptores. Por isso, é necessário ter a clareza de que, após o dejetos passar pelo processo de biodigestão, ainda será preciso dar-lhe destino adequado que poderá ser a fertirrigação, adubação ou instalar sistemas de tratamento complementares.

FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A produção de biogás poderá ser afetada por uma série de fatores:

A) Concentração de Sólidos Voláteis (SVs)



Fonte: Oliveira, 2006

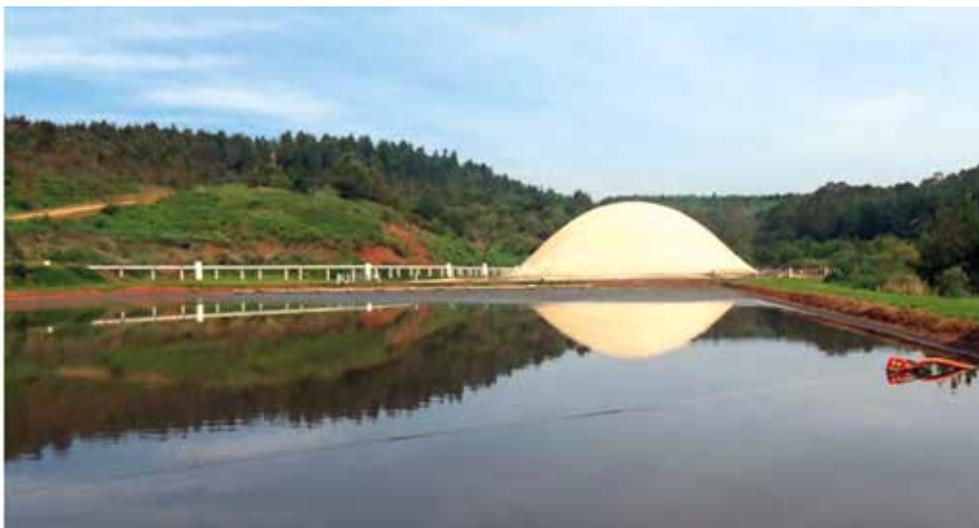
Figura 1: Produção específica de biogás (m³/m³ de biomassa) usando os valores observados de temperatura, sólidos voláteis (g/l), vazão de dejetos (l/dia) e carga de alimentação do biodigestor.

Na digestão anaeróbia, o parâmetro sólidos voláteis é muito utilizado para avaliação das capacidades de geração de biogás, pois está associado à fração biodegradável do efluente (Figura 1). Quanto maior o teor de sólidos voláteis maior o potencial de produção de biogás, até um limite que, para biodigestores de lagoa coberta, fica próximo de 6%. A fração SVs representa cerca de 70% do teor de sólidos totais e é um bom indicador da diluição do dejetos. Dependendo da gestão da água na granja podemos ter teores variando entre menores que 1% até maiores que 10%, e essa informação é

muito importante no cálculo da estimativa de produção de biogás.

B) Temperatura

As velocidades das reações bioquímicas são diretamente afetadas pela temperatura. Temperaturas de biomassa de 35°C são consideradas ótimas para a produção de biogás. Principalmente nas regiões de clima temperado, em especial no sul do Brasil, a queda da temperatura nos meses de inverno se traduz em problema, pois reduz drasticamente a produção. Mesmo no Sudeste e Centro-Oeste podemos ter oscilações de temperatura que provocam diminuição da produção de biogás.



Vista do biodigestor de lagoa coberta pertencente à granja São Roque (Videira/SC).

C) Tempo de Retenção Hidráulica do dejetos no biodigestor (TRH)

Os biodigestores de lagoa coberta são os mais usados no Brasil devido à sua facilidade e simplicidade na construção e ao custo relativamente menor do que outros sistemas

mais sofisticados. De maneira geral, TRH de 30 dias é o suficiente, sendo que após esse período o dejetos diminui bastante seu potencial de produção de biogás.

D) Uso de antibióticos

O uso de antibióticos como método de tratamento de enfermidades dos animais pode causar diminuição na produção de biogás pela ação direta ou indireta sobre organismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica.

E) pH:

Os microrganismos que produzem o metano têm um crescimento ótimo numa faixa de pH entre 6,6 a 7,4. Caso o processo se mantenha dentro das condições de normalidade, o pH ficará próximo à neutralidade, não afetando a eficiência da geração de biogás.

Cuidados a serem tomados antes da instalação dos biodigestores

1) Saber qual a função que o biodigestor terá na propriedade

Considerando que o biodigestor por si só não trata completamente os dejetos, devemos pensá-lo como um negócio a parte, que precisa ser economicamente viável e, principalmente, que não se torne outro problema a ser resolvido pelo produtor rural. Sendo um negócio, ele precisa gerar receita que pague os custos do investimento e gere retorno financeiro.

2) Elaboração do projeto

Um bom projeto é extremamente importante para o alcance do sucesso. A elaboração deverá ser realizada por profissionais da área, visando a elucidar todas as dúvidas e expor as principais fragilidades e benefícios do empreendimento. Vale lembrar que um biodigestor não funciona sozinho e que manutenções periódicas são necessárias e imprescindíveis ao bom funcionamento dos equipamentos. Normalmente, o projeto custa muito pouco em relação ao investimento realizado.

3) Viabilidade do projeto

O principal fator ligado à viabilidade de um projeto de geração de energia a partir de dejetos é a demanda do empreendimento por energia, seja ela mecânica, térmica ou elétrica. É muito comum em propriedades rurais com baixo consumo de energia a análise econômica mostrar inviabilidade, ou seja, o benefício é menor que os custos de implantação, manutenção e operação do biodigestor. Por outro

lado, em empreendimentos com alto consumo de energia o retorno do investimento poderá ser rápido. Resumindo, o fato de o agricultor possuir grande quantidade de dejetos em sua propriedade, resultado da criação de animais, não significa que a instalação de um biodigestor para gerar energia seja viável.

4) Escolha de bons fornecedores de equipamentos

Após a elaboração do projeto e da constatação de sua viabilidade, a escolha de uma empresa que possa oferecer equipamentos eficientes e duráveis é o próximo passo. É importante lembrar que um serviço de pós-venda sempre deve ser considerado na escolha da empresa, ou seja, decidir por aquela que tenha um corpo técnico disponível e que esteja próxima de seu cliente nos momentos em que for necessária. Afinal de contas, o fabricante é quem conhece melhor os equipamentos oferecidos, suas potencialidades e limitações



“Um bom projeto é extremamente importante para o alcance do sucesso. A elaboração deverá ser realizada por profissionais da área, visando a elucidar todas as dúvidas e expor as principais fragilidades e benefícios do empreendimento”.

Manejo e aproveitamento dos resíduos e efluentes na Granja Três Lagoas

A atividade suinícola em Minas Gerais cresceu consideravelmente, desempenhando função valiosa na produção de alimentos, e transformou-se em importante cadeia associada a diferentes setores da economia.

São vários os fatores que um produtor de suínos deve alinhar para obter resultados profícuos: qualidade genética do rebanho, instalações apropriadas e ambiência, sustentação e saúde financeira da atividade, mão de obra especializada, questões sanitárias, preço e mercado consumidor e gestão ambiental do empreendimento.

Nossa proposta é apresentar uma síntese do aproveitamento que pode ser dado aos produtos oriundos do tratamento dos resíduos sólidos e efluentes líquidos, advindos da atividade suinícola. O presente trabalho foca especificamente a questão ambiental e apresenta resultados positivos que foram colhidos na Granja Três Lagoas, em Conselheiro Lafaiete (MG), inerentes ao manejo dos resíduos sólidos orgânicos, de efluente líquido, e ao aproveitamento dos subprodutos oriundos do tratamento.

Com o objetivo de facilitar a compreensão sobre o assunto, segue uma

breve explanação sobre as estruturas que compõem uma suinicultura tradicional, no sistema “ciclo completo”. Nesse sistema toda a infraestrutura física é instalada em um único lugar. As etapas de criação são constituídas por setores que se sucedem: “Gestação”, “Maternidade”, “Pré-creche”, “Creche”, “Recria” e “Terminação”.

Portanto, a atividade se desenvolve em espaço reduzido. Dentro dessa engrenagem de produção cada setor, de forma concentrada, produz resíduos sólidos orgânicos (fezes, placentas, natimortos, animais mortos, sólido peneirado etc.) e o efluente líquido (urina, líquido da piscina de banho e água das lavagens), que diariamente são resgatados, transportados, tratados e, por fim, destinados adequadamente.

Uma granja com 100 matrizes, levando em consideração todos os animais presentes, desde o leitão ao animal terminado, possui em torno de 1.150 animais. A produção de efluente líquido considerada por matriz é de 130 litros/dia. A Granja Três Lagoas possui 500 matrizes, com produção média diária de aproximadamente 65.000 litros de efluente líquido.

ORLANDO ROLÓN

Engenheiro agrônomo e consultor em agronegócio, especialista em Georreferenciamento pela FEAMIG – Faculdade de Engenharia de Minas Gerais e engenheiro avaliador, com curso de especialização para avaliação de imóveis rurais pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de Minas Gerais.



TRATAMENTO

Todo fluido (efluente líquido) produzido diariamente é direcionado para um tanque equalizador, de onde segue para o peneiramento. O sólido separado segue para as células de compostagem e o líquido retorna para o biodigestor.



Sólido Orgânico: É tratado em células de compostagem. O produto resultante é um composto estabilizado, como se fosse húmus que está sendo vendido a fazendeiros da região, para ser utilizado como adubo orgânico em lavouras de milho ou campineiras. Os produtores o estão utilizando essencialmente para recuperação de solos exauridos, obtendo excelentes resultados.

Líquido: O sistema de tratamento líquido é formado por dois biodigestores e sete lagoas de estabilização. Os biodigestores trabalham em paralelo; dessa forma, se mantém mais constante a produção de gás. O líquido que dela deriva segue em sequência pelas sete lagoas. A água residual da última é depositada em solo agrícola, em área de pastagens.

Periodicamente, são realizadas análises laboratoriais do efluente líquido tratado e do composto orgânico, afim de obter subsídios para as recomendações técnicas e o monitoramento. Existe também projeto de fertirrigação, com orientação técnica para o manejo, tempo de aplicação, volume aplicado etc.



Biogás: O efluente líquido peneirado possui elevada quantidade de partículas orgânicas e substâncias coloidais que servem de substrato para microrganismos presentes no próprio meio líquido. Esses microrganismos, adaptados no interior do biodigestor, são anaeróbicos. No processo de digestão anaeróbica (degradação de matéria orgânica), são produzidos gases, entre eles o metano, que é um hidrocarboneto com propriedade inflamável e de combustão. Portanto, quando aprisionado, pode ser utilizado

Rebanho alimentado apenas com capim e sal mineral



como combustível, dando ao produtor oportunidade de aproveitar seu potencial.

Nesse caso, o proprietário da Granja Três Lagoas, Carlos Locatelli Salgado, optou por reaproveitar mais um subproduto do tratamento e investir na produção de energia elétrica.

A geração de energia elétrica a partir do metano requer adaptações no sistema da linha de transmissão elétrica e, principalmente, a aquisição de um motor de combustão a gás metano, acoplado a um gerador de energia elétrica. Dessa forma gera-se a energia que pode ser lançada na rede de distribuição para ser utilizada por todos os motores elétricos do empreendimento, em especial na fábrica de ração onde o consumo é bastante elevado.

A geração própria de energia desencadeia uma série de vantagens que se sucedem no empreendimento, ao deixar de fazer conta do valor da energia elétrica utilizada.



Detalhe do Sistema de tratamento de animais automatizado

CUSTOS DE INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO E AQUISIÇÃO DE EQUIPAMENTOS

O custo de implantação do sistema de tratamento, bem como da instalação para geração de energia, pode sofrer variações significativas de empreendimento para empreendimento em razão de vários fatores, como: tipo de material utilizado, relevo, distâncias, disponibilidade de máquinas, cotação do dólar etc. Portanto, os valores apresentados a seguir são apenas uma estimativa.

Para tratamento do efluente líquido que levará à produção do gás, a estrutura básica é formada por: tanque equalizador, agitador, filtro (peneira), biodigestor (20mx60mx5m) todo em PAD – com custo aproximado de R\$ 130.000 – e uma lagoa receptora de líquidos (1.000 m³), também em PAD – cujo custo estimado é de R\$ 25.000,00. O valor das demais lagoas varia em função do tamanho e pode ficar entre R\$ 20.000 e R\$ 30.000 cada uma.

Um grupo gerador de 150kVA, que produz aproximadamente 85kVA – descontando as perdas – custa em torno de R\$ 150.000. As instalações de conexão com a rede da Cemig e conexões internas da granja (cabos, conectores, chaves, painel, mão de obra etc.), local físico da instalação do gerador e a rede de gás para alimentá-lo custam cerca de R\$ 30.000.

Dependendo do projeto e da quantidade de gás produzida, pode ser incorporado a “Geração Distribuída” – tecnologia na qual a Cemig aceita receber na sua rede energia produzida de forma descentralizada. O valor da energia fornecida transforma-se em crédito. O produtor pode utilizar a energia da Cemig em outro lugar, desde que a ligação esteja cadastrada em seu CPF, e descontar o valor da energia de seu crédito. A adequação do sistema para entrega à Cemig custa em torno de R\$ 80.000.

RESULTADOS E BENEFÍCIOS

Na Granja Três Lagoas, o gerador adquirido tem capacidade de produção de 80 kW durante 24h. No intervalo de um mês pode ser descontado 24 horas para manutenção, assim a produção mensal será: kW/mês = 29 dias x (24h x 80kW h) = 55.500 kW

Cálculo do valor da energia rural cobrada pela Cemig: R\$/mês = 55.000 kW x R\$ 0,39/kW = R\$ 21.645

Manutenções fora da rotina podem ser requeridas, mas são esporádicas e não ultrapassam 10% do tempo do gerador em funcionamento.

O custo médio da manutenção básica seria de aproximadamente R\$ 1,00 por hora trabalhada. Isso inclui os itens de desgaste e trocas normais do motor, como óleo, filtros, velas, cabos de vela etc.

A vida útil de um motor desse tipo seria em torno de 20 mil horas, sendo que alguns itens como turbina ou parte elétrica podem requerer manutenção antes desse prazo. O gasto com manutenção desse gerador a cada 20 mil horas estaria em torno de R\$ 18.000,00 (inclui três trocas de turbina, duas manutenções de parte elétrica, retífica do motor com troca de *kit* e retífica de cabeçotes, reparo do sistema de refrigeração).

Na Granja Três Lagoas com 500 a 550 matrizes, o valor gasto com a energia seria em torno de R\$ 14.000 por mês, isso inclui uma fábrica de rações com 80 cv instalados, com capacidade de produção de 4 toneladas por dia; bombeamento de dejetos, separação de sólidos e irrigação, com 40 cv, e restante da granja, com 20 a 30 cv.

O sistema de geração de energia adquirido pelo empreendedor foi financiado com recursos da linha de crédito Inovagro, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através do Banco do Brasil. O juro atual dessa linha é 8,75% ao ano, com 10 anos para pagar e um ano de carência.

Um financiamento de R\$ 330.000,00, que visa à implantação do sistema citado, gera uma prestação anual média de R\$ 48.000. Nessa linha de financiamento as prestações são decrescentes.

O gerador gasta em torno de R\$ 1,90 por hora (R\$ 1,00 de manutenção de rotina e R\$ 0,90 de desgaste e reforma) o que daria um custo de R\$ 15.000,00 por ano.

R\$ manutenção/ano = 365 dias (24h. 0,9. 1.9) = R\$ 15.000

Cálculo da economia por ano

Considerando o custo mensal da energia como R\$ 14.000 gastos na granja x 0,9 (tempo manutenção) x 12 meses = R\$ 151.000 por ano.

Considerando a prestação anual em R\$ 48.000,00 a receita seria de R\$ 103.000 anual. Descontando os R\$ 15.000 de manutenção anual, a receita líquida seria de R\$ 88.000 por ano.

Considerando a “Geração Distribuída” a receita seria maior ainda, uma vez que a capacidade de produção de energia diária é de R\$ 21.465 e o gasto na granja é de R\$ 14.000,00/dia; a diferença de R\$ 7.465 está sendo subutilizada.

Se considerarmos o aproveitamento máximo da energia gerada, o valor anual produzido seria de R\$ 21.465 x 0,9 x 12 meses = R\$ 231.800 por ano.

Atualmente o gerador fica ligado das 6 às 18 horas, período de maior uso de energia. À noite, a granja utiliza a energia da Cemig, apenas para iluminação. Não compensa o desgaste do motor para baixo consumo.

Mesmo que o aproveitamento não gere alto lucro ao produtor, existe a certeza de que o suinocultor não necessitará usar recursos ganhos com a comercialização dos suínos no sistema de tratamento. Caso não houvesse reaproveitamento, o tratamento dos efluentes e sólidos orgânicos custaria caro ao produtor.

Diante do exposto podemos afirmar que o reaproveitamento dos subprodutos do sistema de tratamento – aproveitamento do gás, do efluente líquido tratado e do composto sólido orgânico tratado – é viável.



ALICE LIBÂNIA SANTANA DIAS

Gerente de Resíduos Especiais, da Fundação Estadual do Meio Ambiente – Feam, e professora do curso de engenharia ambiental no Centro Universitário UNA.

Resíduos sólidos e lixo doméstico no meio rural

A gestão de resíduos no meio rural é um grande desafio – a começar pelas dimensões do país. Mas o momento é bom para trabalhar o tema, pois as políticas nacional e estadual de gestão de resíduos estão em fase de implementação.

Essas duas políticas propõem um instrumento inovador: a logística reversa de resíduos. Na área rural já existe um programa que funciona bem: o de coleta de embalagens de agrotóxicos, do Inpev (Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias). Ele foi um dos primeiros programas de logística reversa de resíduos a ser implantado no Brasil.

Ainda existem alguns aspectos que precisam evoluir, mas é um modelo instituído, que o governo federal entende que funciona bem. Outros programas estão em desenvolvimento com a mesma proposta de retirar resíduos do meio rural para retorná-los à cadeia produtiva ou dar-lhes destinação adequada.

NORMAS

A Política Federal de Saneamento foi instituída em 2007, com quatro eixos de atuação: limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem. O

manejo de resíduos sólidos inclui o lixo doméstico – inclusive o rural – e todas as etapas de coleta, transporte, tratamento e destinação final de lixo doméstico.

A partir dessa política está sendo criado o Programa Nacional de Saneamento Rural, do qual se espera um panorama sobre a questão e, também, algumas soluções. O trabalho está sendo elaborado pela UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais), sob a coordenação da Funasa (Fundação Nacional de Saúde) e deve ser concluído em 2017.

Os desafios são vários, a começar pelo baixo índice de coleta de lixo no campo. Segundo dados do IBGE, em média, 83% dos domicílios brasileiros têm coleta direta de resíduos; 92% da coleta ocorre em áreas urbanas e 27% em rurais. Somase a isso a coleta indireta, que não é muita. O resultado é que a maior parte dos resíduos domésticos, 64% (média nacional), permanece no ambiente rural e sabe-se que geralmente são queimados ou aterrados de forma inadequada.

No âmbito do estado, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos ainda está em fase de contratação. O que parece atraso pode ser, na verdade, uma oportunidade de incluir sugestões, de ter a participação dos produtores e das entidades que os representam.

Tipos de resíduos encontrados no meio rural

Alguns estudos recentes sobre a caracterização de resíduos domésticos no ambiente rural demonstraram que o material encontrado no campo está cada vez mais parecido com o das áreas urbanas. A principal razão para essa semelhança são os avanços tecnológicos, que têm tido uma extensa penetração territorial.

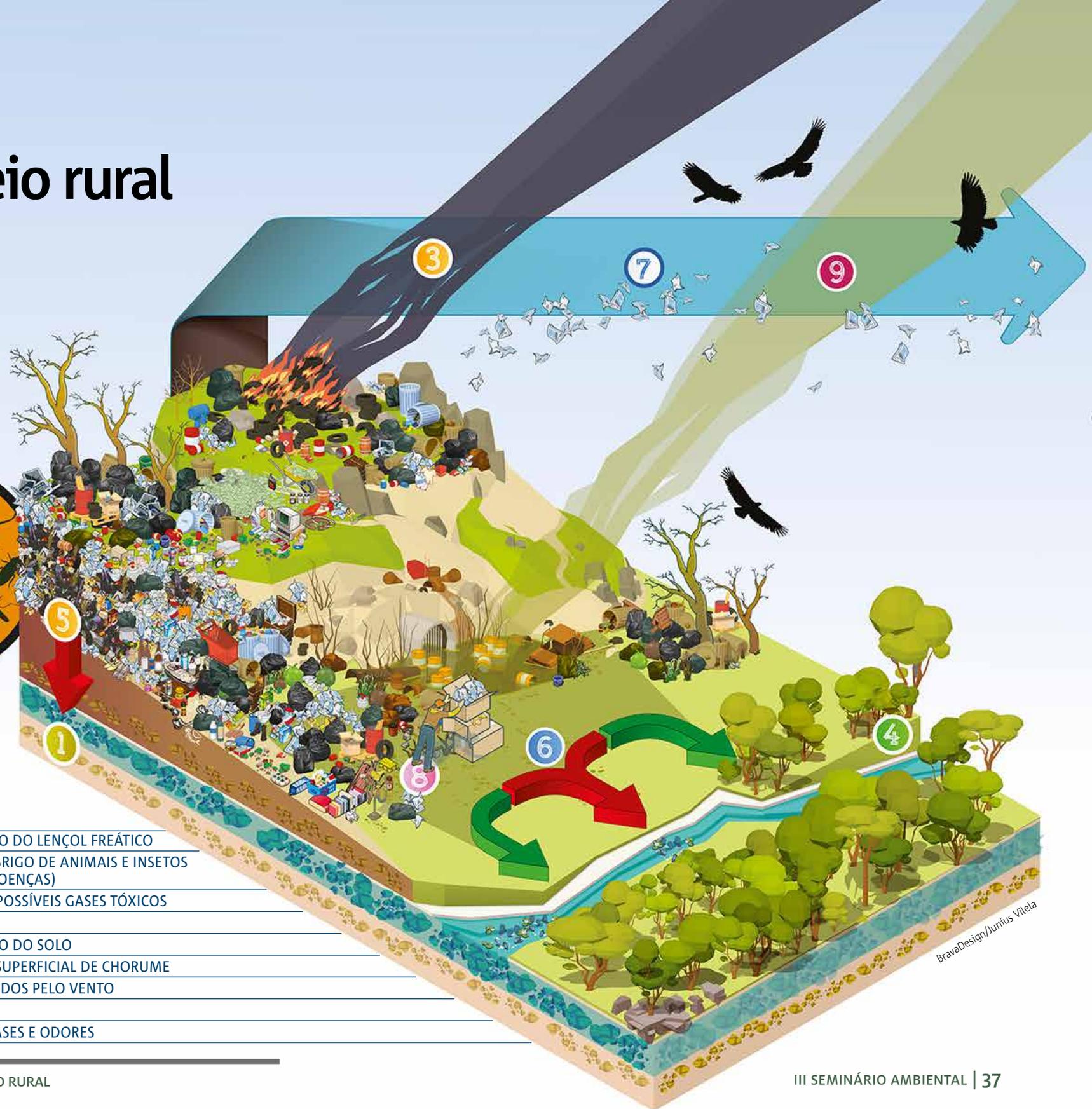
Uma particularidade é que quando se faz a caracterização de resíduos na área rural, e na área urbana de municípios com vocação rural, encontra-se pouca matéria orgânica no lixo. Essa matéria orgânica frequentemente é destinada às criações de porcos e galinhas. Como alternativa tecnológica interessante, registram-se várias iniciativas de tratamento por biodigestão.

Atualmente encontram-se nas áreas rurais muitas embalagens, plásticos, papéis, papelões, vidros, enfim, resíduos que, como no ambiente urbano, precisam de manejo adequado, devido à possibilidade de, juntamente com a matéria orgânica, causarem degradação ambiental quando mal gerenciados.

A disposição inadequada de resíduos domiciliares e industriais é uma das atividades mais impactantes tanto em área urbana quanto rural. As consequências ambientais são diversas: contaminação do solo, do ar e de lençóis freáticos e atração de vetores de doenças, são algumas das mais citadas. E, infelizmente, Minas Gerais ainda computa 246 municípios que mantêm lixões, e outros 252 que utilizam-se dos aterros controlados – que na verdade retornam à condição de lixões em pouco tempo.



- 1) CONTAMINAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO
- 2) ALIMENTO E ABRIGO DE ANIMAIS E INSETOS (VETORES DE DOENÇAS)
- 3) FUMAÇA COM POSSÍVEIS GASES TÓXICOS
- 4) CURSO D'ÁGUA
- 5) CONTAMINAÇÃO DO SOLO
- 6) ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE CHORUME
- 7) RESÍDUOS LEVADOS PELO VENTO
- 8) CATADORES
- 9) EMISSÃO DE GASES E ODORES



FÁRMACOS

Além do lixo comum, existem outros tipos de resíduos que precisam receber destinação adequada, como por exemplo, os resíduos de serviços de saúde e medicamentos, que incluem os de uso veterinário. Ainda não existe uma definição sobre quem é responsável pela logística reversa desses resíduos. Seria o usuário – veterinário ou produtor – ou quem vendeu o medicamento para ser aplicado?

Alguns entendem que ele deve entrar no acordo setorial de medicamentos pós-consumo. Outros acham que o estabelecimento vende uma prestação de serviço de saúde. Em ambos os casos o que interessa é que esse resíduo precisa de um manejo adequado.

Também existem muitos medicamentos vencidos ou em desuso, seringas, perfurocortantes que não podem ficar no ambiente rural. Há ainda medicamentos como os disruptores endócrinos e hormônios, que, se atingirem o lençol freático, podem causar danos à saúde pública e também às criações. Ou seja, há muito a ser definido.

O ideal seria que medicamentos e seringas já viessem com embalagens para armazená-los após o uso e que houvesse pontos de coleta nos próprios locais de venda ou em lugares estratégicos. Mas a implantação é difícil, e o primeiro entrave é a extensão territorial.

ELETROELETRÔNICOS

Outro grande desafio são os resíduos eletroeletrônicos: fogões, geladeiras, micro-ondas, celulares, *notebooks*, chipes, lâmpadas. Juntamente com os medicamentos representam o maior obstáculo a ser transposto, pois grande parte dos produtos ou de seus componentes é importada.

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Há outros resíduos que necessitam de destinação adequada, mas que representam um desafio mais palatável, como os de construção e demolição, para os quais existem normas específicas. Nesse caso o município pode atuar para identificar locais para recebimento, por exemplo, de terra, gesso, latas de tinta, madeira, etc. Para esse tipo de resíduo, é mais uma questão de orientação.

O gesso, por exemplo, tem um potencial de uso inclusive na agricultura. Os municípios com maior vocação rural podem compartilhar e consorciar maquinário para reciclagem, como tem acontecido no Rio Grande do Sul.

LUBRIFICANTES

Os óleos lubrificantes e suas embalagens são outro tipo de desafio. Esses produtos já contam com um sistema de logística reversa, com todas as regras estabelecidas. Mas os pontos de recolhimento estão concentrados nos centros urbanos, nem todos os municípios são atendidos. Essa dificuldade pode ser contornada com algumas práticas interessantes, como um processo simples de filtragem no próprio local de uso, que às vezes melhora a qualidade do produto, dando uma sobrevida ao resíduo.

BATERIAS

As pilhas e baterias tiveram a obrigatoriedade de destinação adequada instituída antes da criação da Política Nacional de Resíduos, que ainda assim funciona parcialmente. O problema está na intensa penetração da pirataria no mercado formal – que também afeta os eletroeletrônicos. O setor consegue bater as metas de recolhimento, mas as pilhas piratas continuam por aí. Outro gargalo é

a concentração dos pontos de coleta em centros urbanos.

EMBALAGENS

Em relação às embalagens já temos um acordo setorial, que envolve uma cadeia muito diversificada com produtos de vidro, plástico, papel, papelão, latas de alumínio, isopor. A implantação será gradativa, com metas para dois anos. O setor está se organizando e já é possível vislumbrar a possibilidade de ampliar a reciclagem de embalagens; o potencial é muito elevado. Mas Minas Gerais terá que investir para aproveitá-lo.

O estado não tem, por exemplo, indústria recicladora de vidro; todo o material coletado aqui é enviado para o Rio de Janeiro e São Paulo ou para a região sul. A reciclagem de isopor também é extremamente baixa, não registrando em Minas Gerais fortes indústrias nesse

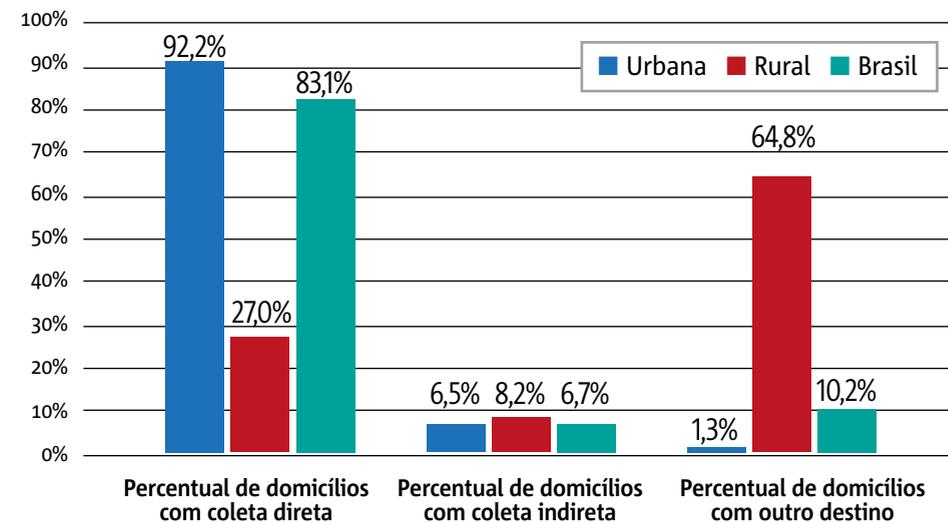
setor. A reciclagem de plástico ainda é tímida, com iniciativas caseiras. Ou seja, é necessário criar um parque industrial de reciclagem ou, de alguma forma, viabilizar o transporte dos resíduos, pois um custo logístico elevado inviabilizaria economicamente a reciclagem de alguns tipos de materiais com menor valor agregado.

Este é um panorama resumido. O fato é que ainda não temos um sistema de logística reversa robusto para destinação efetiva de resíduos. O que existe são iniciativas pontuais, que ainda enfrentam gargalos a serem solucionados.

Todos os resíduos citados são encontrados no meio rural. Talvez, ainda existam mais perguntas que respostas, mas há pelo menos uma certeza: a necessidade de inserir a demanda rural nos tratados, nos termos de compromissos, nos acordos setoriais.

PANORAMA NACIONAL DO SANEAMENTO RURAL - PNSR

Destino dos resíduos sólidos nos domicílios brasileiros



Fonte: IBGE/PNAD 2014 in <http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil>



JUAREZ DE SOUSA E SILVA

Coordenador do projeto Consórcio Pesquisa Café; diretor executivo da DECOMATEC – Engenharia Agrícola; Consultor da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa-Café) e professor associado da Universidade Federal de Viçosa.

Produção de Álcool Combustível na Fazenda

Existe um clamor popular pela redução das emissões de gases de efeito estufa em todo o mundo, que pressiona líderes de várias nações a se posicionarem diante das mudanças climáticas e suas consequências como secas, inundações e aquecimento global. A demanda por combustíveis renováveis é crescente, e o Brasil é dos poucos países que apresentam condições para produzi-los. O governo deveria incentivar a produção de álcool combustível nas fazendas para abastecimento microrregional e deixar as grandes usinas responsáveis pelo abastecimento dos centros urbanos e pela exportação, se for o caso.

A produção integrada de álcool combustível, rapadura, açúcar mascavo, cachaça, carne e leite é a mais promissora alternativa para promover a geração de emprego e renda no campo, tendo como mola-mestra a disponibilidade de energia elétrica na medida certa. Além disso, essa produção é sustentável, uma vez que utiliza os recursos naturais da propriedade de maneira equilibrada e permite que o produtor gerencie eficientemente os recursos financeiros gerados na busca de melhoria do processo produtivo.

A produção de cachaça artesanal integrada à produção de álcool combustível e pequena produção exclusiva de álcool para outros fins e alimentos, por outros

produtores, pode contribuir para um balanço favorável de emissões. Dessa maneira, posicionaria a cachaça e o álcool de fazenda como produtos social e ambientalmente corretos. Nesse contexto, as propriedades que possuem alambiques são o ponto de partida perfeito por terem potencial quase que imediato para início da produção de combustível.

Levantamento feito pelo Instituto Brasileiro da Cachaça (Ibrac) estima que existem no país mais de 40.000 produtores e 4.000 marcas de cachaça, sendo que 99% dos produtores são considerados de base familiar. O setor é responsável por gerar mais de 600.000 empregos diretos e indiretos, com uma produção estimada em 1,2 bilhão de litros de aguardente, da qual Minas Gerais é líder.

Por possuírem a estrutura necessária para a fabricação de cachaça, esses produtores – com pouco investimento – poderiam produzir álcool combustível para autoconsumo a partir da cabeça e da cauda da destilação de aguardente. Além disso, a produção de etanol, juntamente, com a adoção de boas práticas de fabricação, contribuiria, sensivelmente, para a melhoria da qualidade da bebida artesanal.

Caso a atual produção brasileira de aguardente fornecesse as frações de cabeça e cauda da destilação para serem transformadas em álcool combustível,

estima-se que 300 milhões de litros poderiam ser produzidos, a uma média anual de 7.500 litros por produtor. Esse potencial seria ainda maior se, nos momentos de ociosidade, cada um dos 40 mil produtores de cachaça produzisse, em média, mais 200 litros de etanol por dia.

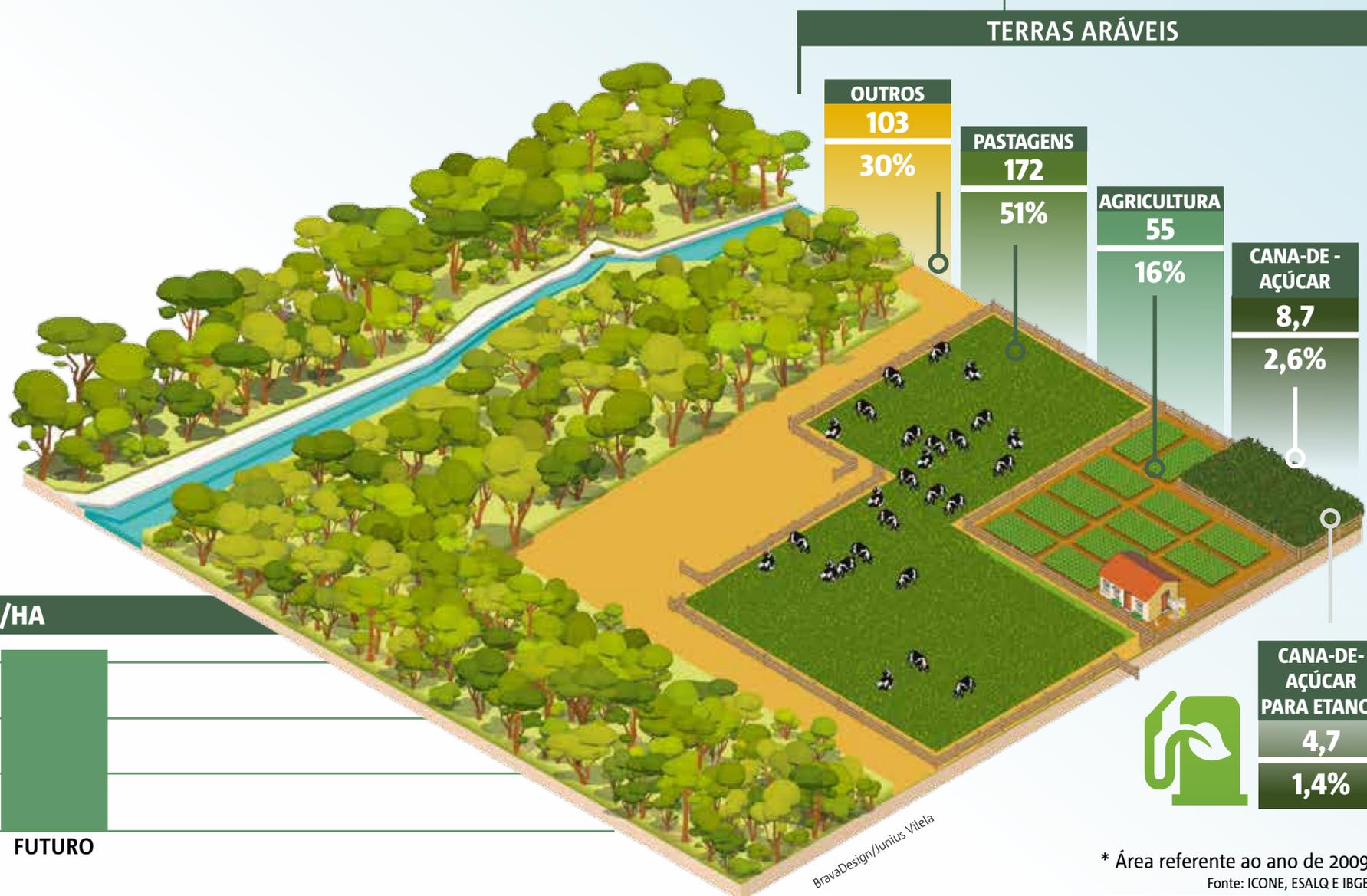
Com isso, seriam disponibilizados 1,6 bilhão de litros de álcool a mais no país, sem necessidade de grandes investimentos. Uma coluna com sistema de armazenamento, para ser adicionada ao sistema de produção de cachaça, com capacidade para produzir 200 litros/dia, tem custo aproximado de R\$ 20.000,00. E o investimento se pagaria no primeiro ano.

A produção de biocombustível em pequena escala não compete com a produção de alimentos, caso sejam oferecidos incentivos que tornem esta opção mais vantajosa economicamente. Bonato Filho (2014) mostrou que a produção de álcool combustível a partir das frações, cabeça e cauda da destilação da cachaça, em sistema de associação de produtores, é uma atividade lucrativa.

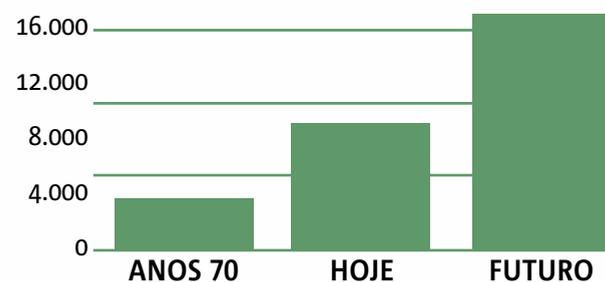
A utilização do álcool combustível produzido a partir de resíduos da cachaça pode contribuir sobremaneira para a redução de custos e alavancar a atividade rural quando integrada a um sistema de produção de alimentos e energia nos arranjos produtivos locais

O uso da terra no Brasil

Milhões de hectares	ÁREA/TOTAL	VEGETAÇÃO NATURAL	MECANIZADO	OUTRAS
	851	498	338	15
	100%	58%	40%	2%



PRODUÇÃO DE ETANOL LITROS/HA



* Área referente ao ano de 2009
Fonte: ICONE, ESALQ E IBGE

Se o Brasil possui uma agricultura das mais avançadas do mundo é graças, em boa parte, à presença da energia elétrica no campo. Portanto, uma das vantagens da produção de etanol a partir dos resíduos da produção de cachaça é a sua utilização para geração de energia térmica, mecânica e elétrica.

A energia elétrica é a principal responsável pelo crescimento do agronegócio brasileiro, por permitir o uso de técnicas avançadas de irrigação, funcionamento de equipamentos modernos na criação de animais, beneficiamento dos produtos e o armazenamento da produção.

Não bastassem as tarifas elevadas, os agricultores ainda sofrem com a limitação de potência elétrica nas propriedades rurais, impedindo-os de expandir, diversificar e agregar valor à produção. O programa “Luz para Todos” trouxe importantes contribuições para a melhoria da qualidade de vida de muitos brasileiros, porém, não contemplou o fornecimento de energia com potência suficiente para permitir que o desenvolvimento microrregional pudesse ser contabilizado monetariamente.

Produção de álcool a partir da cabeça e da cauda da destilação da cachaça

A produção de álcool combustível na fazenda não requer o mesmo rigor exigido pela ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível) das usinas. É considerado álcool combustível, uma solução hidroalcoólica com concentração, em álcool, a partir de 85° GL. Isso significa que um produto com essa concentração pode ser utilizado como combustível, apesar do maior consumo relativo por litro.

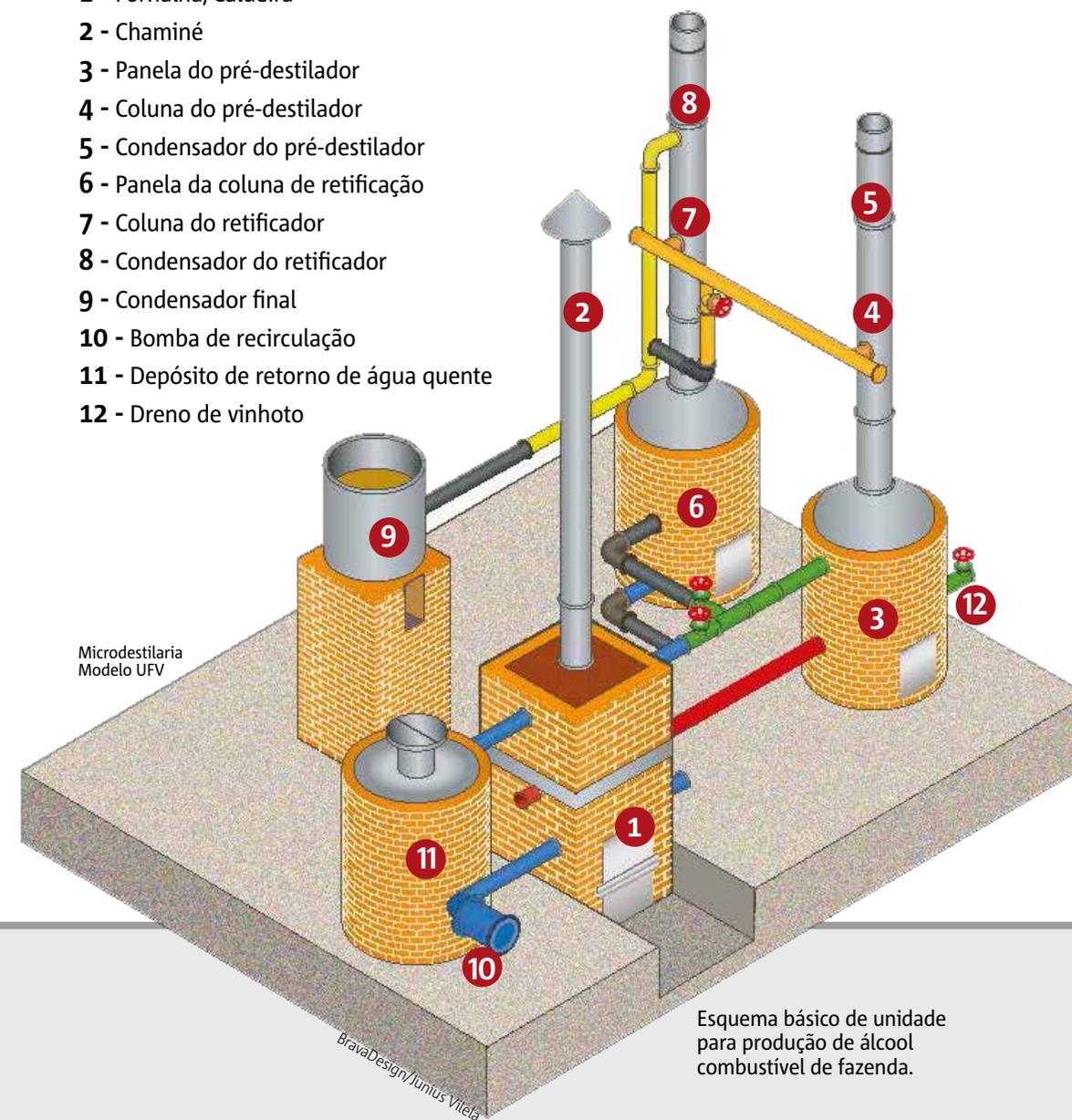
Para a produção do álcool combustível a partir dos subprodutos da fabricação de cachaça, o produtor pode enriquecer o líquido com várias passagens pelo alambique comum, com aquecimento por vapor ou, de maneira mais adequada, adquirir uma unidade ou coluna própria, de aço inox, para a retificação do álcool.

Inicialmente, a fração de cauda deve ser enriquecida por uma passagem extra pelo alambique ou pré-destilador e, depois de adicionada à fração de cabeça, deve ser colocada na coluna retificadora para a obtenção do álcool acima de 85° GL ou preferencialmente, para o valor exigido pela ANP, com uma coluna bem dimensionada e manejada.

Unidade de produção onde as frações (cabeça e cauda) são pré-destiladas no pré-destilador assinalado (3). Em seguida, o condensado obtido com elevado teor alcoólico é enviado para a coluna de retificação (7). Na panela da coluna de retificação (6) existe também um sistema de

aquecimento ligado ao aquecedor do pré-destilador. Todo fornecimento de energia térmica é feito pela queima de biomassa (bagaço ou lenha) numa fornalha que aquece a água na pressão atmosférica em um trocador de calor (1).

- 1 - Fornalha/Caldeira
- 2 - Chaminé
- 3 - Panela do pré-destilador
- 4 - Coluna do pré-destilador
- 5 - Condensador do pré-destilador
- 6 - Panela da coluna de retificação
- 7 - Coluna do retificador
- 8 - Condensador do retificador
- 9 - Condensador final
- 10 - Bomba de recirculação
- 11 - Depósito de retorno de água quente
- 12 - Dreno de vinhoto



Esquema básico de unidade para produção de álcool combustível de fazenda.



Unidade integrada de produção de cachaça e álcool combustível instalada no Sítio Santa Luzia, próximo ao distrito de Monte Celeste, em São Geraldo/MG. O sistema, com finalidade didática, consiste de um pequeno alambique para produção de cachaça, um pré-distilador e uma coluna de retificação, tudo de fácil construção e montagem. Toda a estrutura foi construída em aço inox, com exceção da serpentina do alambique, que foi construída em cobre. (Devido à pequena produção de aguardente, a maior produção de pré-distilados é oriunda de produtores vizinhos ao sítio).

EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA EQUAÇÃO 1

Vamos utilizar um exemplo para o entendimento da aplicação da equação 1, ou seja: determine as quantidades de cabeça, coração e cauda oriundos de 1000 l de vinho com teor alcoólico de 8,5%, admitindo-se que os primeiros 10% do volume destilado serão separados como cabeça (teor alcoólico 68%), e que 77% do volume seguinte como cachaça de coração (teor alcoólico 40%). Os últimos 10% do volume destilado serão separados como cauda (teor alcoólico 22%) e com isso, pode-se determinar, ainda, o volume de vinhoto e o total de etanol presente em cada fração.

O ideal para uma cachaça de qualidade deveria ser 15% para cabeça e 70% para cachaça de coração.

Usando os primeiros números, para cada 1000 l serão obtidos os seguintes volumes:

Volume do pré-distilado de cabeça:

$$V_{\text{cabeça}} = (1000 \text{ l} \times 0,085 \times 10) / 68 = 12,5$$

Volume do pré-distilado de coração:

$$V_{\text{coração}} = (1000 \text{ l} \times 0,085 \times 77) / 40 = 163,6 \text{ l}$$

Volume do pré-distilado de cauda:

$$V_{\text{cauda}} = (1000 \text{ l} \times 0,085 \times 10) / 22 = 38,6 \text{ l}$$

O volume de vinhoto determina-se pela diferença entre o volume de vinho no início do processo e os volumes de cada fração

obtida. Portanto, o volume de vinhoto será:

$$V_{\text{vinhoto}} = 1000 - 12,5 - 163,6 - 38,6 = 785,3 \text{ l}$$

O volume de etanol presente no vinho e nas frações destiladas determina-se com base no grau alcoólico de cada fração, como se segue:

Volume de etanol no vinho

$$V_{\text{etanol no vinho}} = 1000 \text{ l} \times 0,085 = 85 \text{ l}$$

Volume de etanol no destilado de cabeça

$$V_{\text{etanol de cabeça}} = 12,50 \text{ l} \times 0,68 = 8,5 \text{ l}$$

Volume de etanol no destilado de coração

$$V_{\text{etanol de coração}} = 163,6 \text{ l} \times 0,40 = 65,4 \text{ l}$$

Volume de etanol no destilado de cauda

$$V_{\text{etanol de cauda}} = 38,64 \text{ l} \times 0,22 = 8,5 \text{ l}$$

$$V_{\text{etanol destilado}} = 8,5 \text{ l} + 65,4 \text{ l} + 8,5 \text{ l} = 82,4 \text{ l}$$

Com as avaliações acima, o etanol retido no vinhoto será de (85 - 82,4) ou 2,6 litros; não compensa ser removido na destilação de cauda; o teor alcoólico do vinhoto pode ser calculado tomando-se a razão entre o volume de álcool existente pelo volume de vinhoto, ou seja:

$$GL_{\text{vinhoto}} = (2,56 / 785,3) \times 100 = 0,33\%$$

Com os resultados obtidos pode-se elaborar o Quadro 1, que resume todas as informações do problema.

QUADRO 1

Frações de cabeça, coração e cauda correspondentes à destilação de 1000 l de vinho

Categoria	Volume total (l)	Teor alcoólico (GL)	Volume de etanol (l)	Fração do volume de etanol (%)
Vinho	1000	8,5	85	100
Destilado de cabeça	12,5	68	8,5	10
Destilado de coração	163,6	40	65,4	77
Destilado de cauda	38,6	22	8,5	10
Vinhoto	785,3	0,33	2,56	3,0

POTENCIAL PRODUTIVO

Como calcular a quantidade de álcool combustível que se pode fabricar a partir da destilação da garapa fermentada ou vinho.

O primeiro passo para determinar a quantidade de álcool combustível que se pode obter a partir da destilação do vinho é calcular as frações de cabeça, cachaça de coração e cauda. Conhecidas as quantidades de cabeça e cauda, determinam-se facilmente a quantidade de álcool combustível que se pode obter com estas frações da destilação.

Depois de obtido o vinho, pode-se determinar as quantidades de cabeça, coração e cauda utilizando-se a Equação 1:

$$V_{\text{fração}} = \frac{V_{\text{alamb}} \cdot t}{GL_{\text{fração}}} \cdot f$$

em que:

$V_{\text{fração}}$ – volume da fração (cabeça, coração e cauda), l;

V_{alamb} – volume de caldo para o alambique comum, l;

t – porcentagem do teor alcoólico no vinho (8 a 12 %), decimal;

f – porcentagem de cada fração que se deseja durante a destilação, %;

GL – graduação final da fração destilada, °GL.

VOLUME DE PRÉ-DESTILADO POR SAFRA

Baseando-se em uma tabela específica como foi o caso da quadro 1 e uma pequena unidade de destilação trabalhando 180 dias por

ano, o volume diário 1.000 l de vinho fornecerá as seguintes quantidades (cabeça, coração e cauda) produzidas anualmente:

Volume da fração de cabeça: $12,5 \text{ l.dia}^{-1} \times 180 \text{ dias.ano}^{-1} = 2.250 \text{ l por ano}$;

Volume anual de coração: $163,6 \text{ l.dia}^{-1} \times 180 \text{ dias.ano}^{-1} = 29.448 \text{ l por ano}$;

Volume anual de cauda: $38,64 \text{ l.dia}^{-1} \times 180 \text{ dias.ano}^{-1} = 6.955 \text{ l por ano}$.

Uma vez obtidos os pré-destilados de cabeça e cauda, eles podem ser transformados em álcool combustível, e o volume anual pode ser estimado segundo a Equação 2:

$$V_{\text{álcool}} = \frac{V_{\text{pré-destilado}} \cdot GL_{\text{inicial}}}{GL_{\text{final}}}$$

Em que:

$V_{\text{álcool}}$ – volume de álcool produzido, l;

$V_{\text{pré-destilado}}$ – volume de pré-destilado, l;

GL_{inicial} – graduação inicial do pré-destilado, °GL;

GL_{final} – graduação final do etanol, °GL.

Para exemplificar o uso da equação 2, admita que o álcool combustível terá uma graduação final igual a 92° GL. Assim, os volumes anuais de álcool combustível oriundos das frações de cabeça e cauda serão dados respectivamente:

$V_{\text{álcool}} \text{ cabeça} = (2.250 \text{ l} \times 68)/92 = 1663 \text{ l}$

$V_{\text{álcool}} \text{ cauda} = (6.955 \text{ l} \times 22)/92 = 1663 \text{ l}$

Portanto, o volume anual de álcool combustível seria de 3.326 l. O valor determinado é considerado pequeno uma vez que partiu-se de 1000 l de vinho ou para uma produção diária de 164 litros de aguardente.

Pode acontecer, porém, que um grupo de produtores de cachaça se associe e passe a fornecer uma quantidade considerável de cabeça e cauda a uma associação. Neste caso, o volume anual produzido seria expressivo e mais consumidores poderiam ser beneficiados com o uso de um combustível mais barato.

DETERMINAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ÁLCOOL COMBUSTÍVEL EM ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES

Os produtores de cachaça interessados em iniciar a produção de álcool combustível têm duas modalidades de investimento: instalar uma coluna de retificação ou associar-se com outros produtores.

Muitos produtores de cachaça podem não dispor de uma coluna de retificação, mas podem reunir-se e organizar uma pequena associação para retificar os pré-destilados recebidos de cada associado, produzindo o álcool combustível nos padrões exigidos pela ANP.

Suponha uma associação formada por 15 associados com alambiques de tamanhos variados de 300, 500, 700 e 1000 l. Além de melhorar a qualidade da cachaça e torná-la um produto de excelência, a associação deverá impor algumas regras como a de que todos associados devem separar a “cabeça” da cachaça com os primeiros 15% do volume destilado e a “cauda” com

os 20% finais do volume destilado. Dessa forma, a cachaça de coração ficaria com 65% do álcool destilado do vinho.

A base de cálculo para a produção da hipotética associação foi realizada com a porcentagem de 8% de álcool no vinho ou caldo de cana fermentado; as cotas de cada associado foram definidas conforme o volume de pré-destilado fornecido por cada um.

Como base de comercialização, o associado terá a opção de escolher qual a melhor destinação da cota de combustível que lhe pertence, podendo optar pela comercialização para os demais associados, ou consumi-lo na fazenda em diversos equipamentos.

A Tabela 1 exemplifica um possível número de produtores “associados” com suas produções de cabeça, cauda e coração por batelada de destilação.

Tabela 1 – Produção diária de cachaça, coração e cauda por produtor associado

Produtor	Capacidade do alambique (l)	Produção de Cachaça com 45°GL (l)	Produção de Cabeça com 60°GL (l)	Produção de Cauda com 25°GL (l)
Produtor 1	1000	115,6	20,0	64,0
Produtor 2	700	80,9	14,0	44,8
Produtor 3	300	34,7	6,0	19,2
Produtor 4	300	34,7	6,0	19,2
Produtor 5	500	57,8	10,0	32,0
Produtor 6	300	34,7	6,0	19,2
Produtor 7	500	57,8	10,0	32,0
Produtor 8	700	80,9	14,0	44,8
Produtor 9	300	34,7	6,0	19,2
Produtor 10	500	57,8	10,0	32,0
Produtor 11	500	57,8	10,0	32,0
Produtor 12	300	34,7	6,0	19,2
Produtor 13	300	34,7	6,0	19,2
Produtor 14	700	80,9	14,0	44,8
Produtor 15	300	34,7	6,0	19,2
Volume total		832,0	144,0	460,8

Como cada produtor consegue realizar até duas bateladas por dia, a produção diária resultaria em 1.200 litros das frações de cabeça e de cauda. Presumindo que a associação produzisse álcool combustível durante 200 dias, o potencial seria de, aproximadamente, 241.920 litros.

O Quadro 2 apresenta o potencial de produção de cachaça de qualidade

(45° GL) e um pré-destilado (cabeça e cauda) com média de 33° GL para duas bateladas diárias por associado. A produção de álcool combustível a 93° GL, última coluna do quadro, foi obtida utilizando-se a Equação 2 e multiplicando o resultado pelo fator 0,95, isto é, presumindo que 95% do teor alcoólico da mistura seriam convertidos em álcool combustível.

Quadro 2 – Produção de cachaça e da mistura cabeça e cauda por associado

Produtor	Capacidade do alambique (l)	Produção de Cachaça por safra (l)	Produção da mistura por safra (l)	Produção de álcool a 93° GL (l)
Produtor 1	1.000	46.200	33.600	11.326
Produtor 2	700	32.400	23.520	7.929
Produtor 3	300	14.000	10.080	3.398
Produtor 4	300	14.000	10.080	3.398
Produtor 5	500	23.200	16.800	5.664
Produtor 6	300	14.000	10.080	3.398
Produtor 7	500	23.200	16.800	5.664
Produtor 8	700	32.400	23.520	7.929
Produtor 9	300	14.000	10.080	3.398
Produtor 10	500	23.200	16.800	5.664
Produtor 11	500	23.200	16.800	5.664
Produtor 12	300	14.000	10.080	3.398
Produtor 13	300	14.000	10.080	3.398
Produtor 14	700	32.400	23.520	7.929
Produtor 15	300	14.000	10.080	3.398
Volume total		334.200	241.920	81.555

Assim, a produção anual de álcool combustível pela associação seria de 81.555 l com um média de 408 l por dia trabalhado, no período de 200 dias, com a coluna de retificação.

Com a gasolina a R\$ 3,60, o valor viável para abastecimento com etanol seria de R\$ 2,52 ou 70% do valor da gasolina. Caso a associação comercializasse o etanol entre os associados ao valor de R\$ 2,00, o associado estaria economizando R\$ 0,52 por litro. Para comercializar todo o álcool produzido, a associação poderia agregar agricultores não produtores de aguardente ou mesmo

um grupo de taxistas, por exemplo.

Em uma pesquisa realizada com taxistas da região de Viçosa, verificou-se que eles percorrem, em média, 160 quilômetros ao dia, com consumo médio de 8 km por litro de etanol. Isso significa demanda de 7.300 litros anuais por taxista. Portanto, se cinco taxistas aderissem ao grupo de produtores, para completar o número máximo de associados estabelecido por lei, iriam consumir 100 l por dia. Como a produção é de 223 litros por dia (com base no ano civil) ainda haveria sobra de 123 litros por dia para ser rateada entre os associados.

OPORTUNIDADE

A produção do etanol em associação pode ser muito interessante e evitaria períodos de ociosidade para o produtor de aguardente. Quando a produção de cachaça superar a demanda, parte da produção seria usada para a produção de pré-destilado. Como o álcool combustível tem mercado certo e consumido em grande quantidade, a venda seria imediata.

Para garantir eficiência no processo de produção, a associação deveria possuir toda a estrutura necessária a produção e homogeneização do etanol, ficando a cargo do produtor a tarefa de levar a cabeça e a cauda até a associação; seria interessante que a fração de cauda fosse redestilada na fazenda para aumentar o teor alcoólico e evitar o transporte de água em excesso.

É muito importante para aquele que deseja produzir ter sempre em mente que o etanol produzido na fazenda deve ser tratado como qualquer outro combustível, ou seja, deve-se ter os mesmos cuidados no manuseio e no armazenamento como os demais tipos de combustíveis.

APLICAÇÕES DO ÁLCOOL DE FAZENDA

Para a população em geral, a aplicação mais conhecida do álcool é como combustível para uso em automóveis. Entretanto, as aplicações vão muito além e são justamente as atividades agrícolas que apresentam maior potencial de utilização.

USO VEICULAR

O Brasil é pioneiro na fabricação de veículos *flex* com o uso de qualquer porcentagem de mistura etanol/gasolina. Atualmente 88% dos automóveis para

passeio e transportes leves são do tipo *flex fuel* (bicomcombustível). Para uso na fazenda, existe uma série de utilitários disponíveis que vão desde pequenas picapes até furgões e caminhonetes.



Veículo *flex* movido a álcool combustível de fazenda.

GERADORES

Apesar de o Brasil ser o maior produtor mundial de etanol de cana-de-açúcar, a oferta de equipamentos rurais movidos por esse combustível é inexpressiva. São raras as empresas de maquinário agrícola que fabricam motores estacionários movidos a etanol. A maioria dos motores e geradores de energia elétrica no mercado é a gasolina ou a óleo Diesel. Recentemente foi lançado um gerador a etanol movido por motor veicular, porém de preço inacessível para a maioria dos agricultores do segmento familiar.

Visando a tornar acessível a utilização de geradores movidos a álcool de fazenda nas pequenas propriedades rurais, o Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa vem desenvolvendo estudos com utilização de motor de automóvel, adaptado para geração de energia elétrica.

Se as frações de cabeça e cauda fossem descartadas, não teriam valor para o produtor de cachaça que deveria, ainda, tratar convenientemente esse material antes do descarte. Como o custo do álcool produzido com essas frações foi estimado em torno de R\$ 0,30 por litro, e adotando um consumo de 0,60 l por kWh-1, o custo do kWh gerado seria de R\$ 0,18. Esse valor seria bem inferior ao cobrado pelas concessionárias de energia elétrica.

A vantagem de um grupo gerador a etanol produzido na fazenda é que podem suprir as necessidades de energia nos momentos de maior demanda, dada a limitação de potência disponibilizadas na maioria das propriedades rurais.



Motor *flex* adaptado para geração de energia elétrica, acoplado a um gerador trifásico de 42 kVA em fase de teste.

TRATORES A ÁLCOOL

Durante o pró-álcool intensificaram-se as pesquisas com carros, tratores e caminhões movidos a álcool. Foram muito divulgados os tratores movidos a etanol (Valmet e CBT). Com o apelo ambiental por uma agricultura menos impactante, as pesquisas com motores pesados movidos a biocombustível foram retomadas e, entre eles, os tratores a etanol.

AVIÕES AGRÍCOLAS

O álcool combustível pode ser utilizado para abastecimento de aviões agrícolas como o Ipanema. Embora o consumo de álcool (98,4 l.h⁻¹) seja maior que de gasolina (68,4 l.h⁻¹), apresenta como vantagem redução em até 1/3 dos custos operacionais em relação à gasolina de aviação. O Ipanema é movido 100% a etanol, o que contribui para a redução de emissão de gases de efeito estufa pela agricultura.

MOTOCICLETAS

Outro segmento que ganha força no campo são as motocicletas *flex* e que aos poucos vêm substituindo a tração animal. A economia anual com gasolina ao utilizar o próprio álcool feito na fazenda, pode ser suficiente para pagar uma ou mais prestações de uma moto. O mercado oferece ainda a “flexmoto fazendinha”, que permite o acoplamento de um semirreboque para o transporte de pequenas cargas no meio rural.

COCÇÃO DE ALIMENTOS

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 1,5 milhão de pessoas, na maioria mulheres e crianças, morre, por ano, vítima de inalação de fumaça proveniente da queima de biomassa em fogões inadequados. Várias entidades vêm desenvolvendo fogões a lenha mais eficientes e de combustão mais limpa para populações rurais de países pobres.

O uso do fogão a álcool pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida doméstica por apresentar várias vantagens sobre a lenha, como: o álcool emite menor quantidade de poluentes do que a lenha e outros tipos de biomassa; pode ser produzido e armazenado na quantidade



Avião agrícola Ipanema movido a etanol.
Fonte: www.embraeragricola.com.br

adequada para atender à demanda durante o ano, ficando a dona de casa despreocupada; não requer grande esforço físico para o seu uso, como é o caso da lenha e, ao contrário desta, o aquecimento do fogão a álcool é imediato (Silva, 2011).

O fogão apresenta um depósito com capacidade para 1325 mL, o suficiente para preparar com folga todas as refeições diárias. Um visor de nível permite verificar a quantidade de álcool no depósito. Pode-se trabalhar com fogo “alto” ou “baixo” trocando-se a abertura do queimador.

AQUECIMENTO DE ÁGUA

Embora o fogão a lenha cumpra muito bem a função de aquecimento de água para a família rural, para a população urbana ou para aqueles que não desejam usar o fogão a lenha, pode-se utilizar também o chuveiro a álcool, que é de aquecimento imediato e baixo consumo. O equipamento consiste de uma serpentina na forma de cone por onde circula a água a ser aquecida. Na base da serpentina utiliza-se um queimador a álcool.

OUTROS USOS

Existem vários outros tipos de utensílios e equipamentos, com diferentes graus de sofisticação e requinte, que podem utilizar o álcool como combustível, como: lareira portátil, churrasqueira, lampiões, lamparina, lanterna, chaleira, cafeteira, etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BONATO FILHO, Gilberto G. et al. Economic viability of fuel alcohol production from residues of sugarcane brandy by producers association. *ASABE*, Montreal, p. 13-16, jul. 2014.

BRASIL passa da 6ª para a 3ª posição em ranking de maior custo de energia para a indústria. *Firjan*, Rio de Janeiro, 06 mar. 2015. Disponível em: <www.firjan.org.br/data/pages/2C908CEC4BA8A576014BF0B2AF6B67A5.htm>. Acesso em: 14 mar. 2015.

SILVA, Juarez. de Sousa e. *Produção de álcool na fazenda: equipamentos, sistemas de produção e usos*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2011.

SILVA, Orlando Cristiano da. *Uma avaliação da produção de bioetanol no contexto da agricultura familiar a partir da experiência da Cooperbio*. 2012. 155 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Escrito com a colaboração de:
Roberto Precci Lopes
Gilberto Garcia Bonato Filho



SEBASTIÃO RENATO VALVERDE

Professor Titular da
Universidade Federal de
Viçosa no Departamento
de Engenharia Florestal.

A consolidação da biomassa como insumo energético

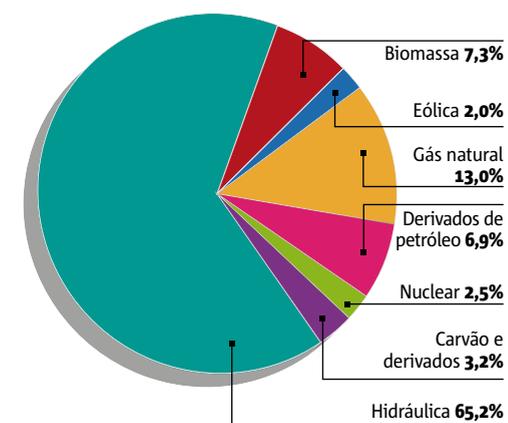
Em pleno século XXI o Brasil produz, eficientemente, energia com a queima da madeira em um mundo dependente dos combustíveis fósseis, o que pode parecer que o país regride à pré-história. Infelizmente, pouco se conhece sobre os prós do uso da biomassa florestal como insumo energético.

Saber sobre os derivados da madeira que podem competir com os combustíveis fósseis, e que o carvão vegetal pode competir com o mineral, faz com que a biomassa florestal figure como um dos combustíveis mais promissores, devido a um conjunto de condições favoráveis ao desenvolvimento florestal brasileiro.

Os principais pontos fortes da biomassa florestal para produção de energia térmica e elétrica são custo competitivo, alta produtividade por hectare, ser combustível renovável e gerador de empregos, além de poder ser obtida em quase todas as regiões do país.

Diante das preocupações mundiais no que diz respeito ao aquecimento global e geração de gases de efeito estufa, o Brasil ganha posição de destaque em relação a outros países, por possuir uma matriz energética bastante diversificada e sustentável. No entanto, as fontes não renováveis ainda respondem por mais de 53% da produção de energia primária no país. Dessa forma, tem crescido nos

MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA (%)



últimos anos o apelo pela diversificação e crescimento da participação de fontes renováveis na matriz energética.

São muitas as atividades industriais que demandam grande quantidade de energia na forma de vapor, mas que ainda utilizam combustíveis fósseis, principalmente dos óleos combustíveis (BPF) e diesel. Indústrias como as de laticínios, frigoríficos, papel, fertilizantes, químicas, têxteis e as agroindústrias em geral estão atentando não somente para o uso de fontes limpas, mas, sobretudo, aos retornos econômicos e sociais.

Com os preços dos derivados do petróleo se mantendo elevados e sem perspectivas de queda, o uso da

biomassa florestal (cavaco) passa a ser mais competitivo. A motivação para que se fomente o uso da madeira como insumo energético, além de ela ser mais competitiva e limpa, é a questão social e ambiental. Esse incentivo daria guarida à quantidade de terras ociosas que estão se degradando, sobretudo nas regiões montanhosas, e também daria destinação à madeira produzida por aqueles que plantaram floresta e não estão tendo para

quem vendê-la, dada a crise do ferro-gusa a carvão vegetal.

Mesmo que os derivados de petróleo representem pouco mais da metade da demanda industrial por energia/vapor, muitas indústrias os estão substituindo por biomassa florestal. Segundo Miranda (2015), os custos da energia gerada por biomassa florestal representam, em média, menos de 40% do que a gerada por óleo combustível – BPF (Tabela 1).

Tabela 1: **Custo de geração de energia/vapor por fonte de combustível**

Fontes de combustíveis	Densidade (kg/m ³)	Demanda	Unidade	Preço (R\$)	Custo vapor (R\$/t)
Lenha	500	315.096	m ³	75,00	44,11
Cavaco	333	354.837	m ³	45,00	29,81
Óleo combustível	980	34.223.588	l	1,57	100,30
Óleo diesel	840	33.558.443	l	2,25	140,94
Gás natural	0,74	42.749.224	m ³	0,50	39,90
GLP	552	46.051	t	2.615,00	224,79

Fonte: Miranda (2015). Disponível em: http://www.ciflorestas.com.br/arquivos/d_p_p_12745.pdf.

Verificou-se que a biomassa florestal ocupa a sexta posição na matriz energética do setor industrial e, portanto, possui grande espaço a ser conquistado. A área de floresta demandada para substituição dos combustíveis fósseis pode chegar a até 2,9 milhões de hectares – quando substituídos 100% dos combustíveis, gás natural, óleo diesel, óleo combustível e gás GLP. Quando se fala em custo de produção, a tonelada de vapor que utiliza o cavaco é, no mínimo, 34% mais barata que a dos combustíveis fósseis.

Apesar da possibilidade de produzir energia térmica com menor custo, a utilização da biomassa florestal enfrenta dificuldades como excesso burocrático da gestão ambiental e falta de incentivos



Cavaco de madeira

governamentais para promover seu crescimento no mercado de bioenergia.

Mesmo assim, o mercado de energia está se tornando uma excelente oportunidade para os produtores florestais como fornecedores de biomassa para a geração de energia elétrica e para as indústrias substituírem os combustíveis fósseis pelo cavaco na produção de vapor.

Assim, para viabilizar esta destinação da madeira, os agentes do setor florestal, juntamente com o governo e os representantes da agricultura e do meio ambiente, precisam agir, proativamente, no sentido de criar políticas que fomentem a substituição dos derivados do petróleo por biomassa florestal, principalmente cavaco.

O fato de a madeira ser produto final e matéria-prima para diversos setores garante ao produtor mais alternativa no momento de comercialização. No entanto, com o crescimento da demanda futura por biomassa, haverá aumentos no preço da madeira. O produtor deve ter cautela, e observar a dinâmica da demanda é essencial para evitar eventuais prejuízos.

Desse modo, mesmo que a biomassa se mostre com grande potencial para substituir os combustíveis não renováveis, o que afeta diretamente o setor florestal é a falta de representatividade no governo para fazer políticas públicas na defesa da biomassa florestal como o verdadeiro insumo energético competitivo e sustentável. O que não faltam são argumentos favoráveis para isso, pois nada é mais viável econômica, social e ambientalmente que a madeira oriunda das plantações florestais de rápido crescimento e produzidas com respeito à natureza.

Escrito com a colaboração de: **Crismere Isbaex** - doutoranda do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa.



ALTERNATIVA MADEIRA COMO FONTE DE ENERGIA

A energia da biomassa florestal (bf)

- Lenha e Cavaco

Energias térmica e elétrica

■ TÉRMICAS

- Vapor – Agroindústrias, bebidas, têxteis, papel, etc
- Calor – armazéns, silos

■ ELÉTRICAS

- Indústrias eletro-intensivas
- Indústrias via co-geração

■ COMPETITIVIDADE

- Indústrias migrando para a bf

■ Futuros empreendimentos florestais

- Usinas termoelétricas a cavaco



JADIR DE OLIVEIRA

Gerente Ambiental da Associação das Indústrias Sucroenergéticas de Minas Gerais; professor no curso de pós-graduação de Direito Ambiental – Atividades Agrissilvipastoris, da Faculdade Milton Campos.

“O seminário se destacou, primeiramente, pela feliz escolha do tema, tratado com profundidade nas várias palestras realizadas, dando ênfase para a reutilização dos resíduos, preferencialmente, na propriedade, assim como ocorre no setor sucroenergético, contribuindo para geração de renda e melhoria ambiental.

“Enfatizamos o alto nível dos palestrantes, que proporcionaram um dos melhores seminários sobre o assunto de que já participei nos últimos tempos. Considero como grande destaque a palestra “O uso de efluentes na agricultura”, apresentada pelo professor da UFMG, Antônio Teixeira Matos, ressaltando que os resíduos gerados nessa atividade são potenciais insumos para a própria produção, contribuindo com a redução de adubo químico e melhoria do solo, além de as águas residuárias geradas serem

ricas em nutrientes e, quando aplicadas no solo, proporcionarem aumento de produtividade, evitando a poluição dos corpos hídricos.

“A transformação de resíduos em bioenergia, ressaltada pelo técnico da Embrapa, Evandro Barros, deu ênfase à produção de biogás a partir de dejetos de suínos e aves, o que também contribui para a solução desse grave problema na suinocultura com o grande atrativo pelo seu aspecto econômico.

“Outras palestras que me chamaram a atenção devido à afinidade do tema com meu trabalho foram a do professor Sebastião Valverde (UFV), que elencou uma série de vantagens da alternativa de produção de energia a partir da biomassa, e do professor Juarez Silva (UFV), que discorreu sobre a possibilidade de produção de etanol em um processo integrado à produção de cachaça”.



WANDER MAGALHÃES MOREIRA JÚNIOR

Analista técnico da coordenadoria de Formação Profissional Rural do SENAR MINAS.

“Ficou evidente neste seminário que os resíduos sólidos e líquidos, provenientes das atividades agrissilvipastoris, são excelentes fontes de energia e que suas potencialidades devem ser explorados ao máximo tanto pelo poder público, quanto pela iniciativa privada.

“As leis devem ser indicadoras e facilitadoras para isto. Os órgãos do estado, responsáveis por questões ambientais, devem se aliar à iniciativa privada e já, em imediato, utilizar o que há de melhor em tecnologia e ideias para promover ações eficientes. Sem esta parceria, não há como o estado gerir os processos de atenuação dos impactos ambientais causados por estes resíduos, que são de sua responsabilidade”.



© 2016 by SISTEMA FAEMG – Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais
Assessoria de Meio Ambiente

PRESIDENTE

Roberto Simões

DIRETORES

Rodrigo Sant'Anna Alvim
Breno Pereira de Mesquita

Coordenação do Seminário

Assessoria de Meio Ambiente da FAEMG – Coordenadora: Ana Paula Bicalho de Mello
Equipe: Carlos Alberto Santos Oliveira, Guilherme da Silva Oliveira, Mariana Pereira Ramos,
Rogério Brito Morais

Coordenação Editorial

Assessoria de Comunicação da FAEMG – Coordenador: Lauro Diniz
Equipe: Ciara Albernaz, Flávio Amaral, Ludymila Marques, Maria Teresa Leal, Ivana Vilela

Projeto Gráfico e ilustração: Brava Design

Fotos do seminário: Alexandre Mota

Edição: Ciara Albernaz

Revisão: Pedro Lozar

Patrocínio: Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – AR/MG

Permitida a reprodução total ou parcial, desde que citada a fonte.

Catálogo na Fonte

Documentação e Memória – Sistema Faemg

Seminário ambiental (3. : 2016 : Belo Horizonte, MG)

Resíduos, fertilização e bioenergia: boas práticas no meio rural / III Seminário ambiental, 16 e 17 de junho de 2016, Belo Horizonte, Brasil. - Belo Horizonte: Sistema FAEMG, 2016.

64p. : il. .

Evento realizado pela Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais e patrocinado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – AR/MG (Senar Minas)

1. Resíduos - Manejo - Agricultura 2. Bioenergia 3. Fertilização I. Título

Avenida do Contorno, 1.771 – Floresta
30.110-005 – Belo Horizonte – Minas Gerais
Telefone geral: (31) 3074-3000 – Fax geral: (31) 3074-3030
faemg@faemg.org.br – www.sistemafaemg@faemg.org.br