



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



RODOLFO MORAIS LAGO

**ESTUDOS SOBRE O APROVEITAMENTO DO VINHOTO E OS IMPACTOS  
AMBIENTAIS NA REGIÃO DE RIO BRILHANTE**

Dourados – MS

Março 2018



RODOLFO MORAIS LAGO

**ESTUDOS SOBRE O APROVEITAMENTO DO VINHOTO E OS IMPACTOS  
AMBIENTAIS NA REGIÃO DE RIO BRILHANTE**

Trabalho apresentado na Disciplina de elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal da Grande Dourados ao orientador Professor Dr. Rogério da Silva Santos.

Dourados – MS

Março 2018



RODOLFO MORAIS LAGO

**ESTUDOS SOBRE O APROVEITAMENTO DO VINHOTO E OS IMPACTOS  
AMBIENTAIS NA REGIÃO DE RIO BRILHANTE**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção na Universidade Federal da Grande Dourados, pela comissão formada por:

---

Orientador: Prof. Dr. Rogério da Silva Santos

---

Prof. Dr. Eduardo Manfredini Ferreira  
FAEN – UFGD

---

Prof. Me. Carlos Eduardo Soares Camparotti  
FAEN – UFGD

Dourados – MS

Março 2018



*A minha mãe, Jucinéia, por sempre ter batalhado pela educação de seus filhos.*





## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pelas oportunidades que apareceram durante meu caminho acadêmico.

Aos meus pais, Roberto e Jucinéia, e meus avós, Seu Moraes e Dona Antonieta, pelo apoio e auxílio.

Aos professores que fizeram parte desta jornada.

E a todos os bons amigos que tive o prazer de conhecer durante este período de crescimento pessoal e intelectual, pessoas que carregarei para a vida.

Meus sinceros agradecimentos a todos.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Ilustração que representa o vinhoto em seu reservatório.....	03
Figura 2.2 – Fluxograma do processo completo de fabricação de álcool.....	08
Figura 2.3 – Ilustração que representa tanques mestres e torres de resfriamento.....	11
Figura 2.4 – Ilustração que representa os tanques secundários.....	12
Figura 2.5 – Ilustração que representa o canal de distribuição de vinhaça.....	13
Figura 2.6 – Ilustração que representa o caminhão rodotrem ou veículo tanque.....	14
Figura 2.7 – Ilustração que representa o sistema de aspersão com carretel enrolador.....	15
Figura 2.8 – Ilustração que representa sistema de aspersão com montagem direta.....	16
Figura 3.1 – Ilustração do processo de produção de biogás.....	22
Figura 5.1 – Mapa do Mato Grosso do Sul / Divisão por municípios.....	27
Figura 5.2 – Localização Usinas Sucroalcooleiras na região de Rio Brilhante – MS.....	29
Figura 5.3 – Ilustração demonstrando ataque de moscas de estabulo em animais.....	34
Figura 5.4 – Ilustração que representa o excesso de aplicação de vinhaça.....	36
Figura 5.5 – Localização das usinas sucroalcooleiras sobre os domínios hidrogeológicos do Mato Grosso do Sul.....	37
Figura 5.6 – Ilustração representando a contaminação de águas superficiais e subterrâneas pela aplicação excessiva de vinhoto.....	38
Figura 5.7 – Distância econômica da fertirrigação com vinhoto.....	41
Figura 5.8 – Fluxograma sugerido para uso do vinhoto pelas empresas da região.....	45



## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – As características do vinhoto a partir da fermentação de diferentes mostos.....	04
Tabela 5.1 – Localidades das unidades industriais estudadas.....	29
Tabela 5.2 – Quantidade de etanol produzido por unidade de acordo com suas capacidades de produção.....	30
Tabela 5.3 – Capacidade estimada de vinhoto produzido por unidade durante o período de uma safra.....	30
Tabela 5.4 – Quantidade de vinhoto produzido dividido pelos municípios.....	31
Tabela 5.5 – Área agrícola de cana-de-açúcar dos municípios que compõe a região.....	31
Tabela 5.6 – Estimativa da capacidade de fertirrigação de cada município da região.....	32
Tabela 5.7 – Estimativa de quantidade ideal aplicada a 20% da área agrícola da região.....	32
Tabela 5.8 – Estimativa do excesso de vinhoto gerado na região para 20% da área agrícola fertirrigada.....	33
Tabela 5.9 – Estimativa de produção de biogás pelo excesso de vinhoto produzido nos municípios da região.....	39
Tabela 5.10 – Estimativa de produção de energia térmica pelo excesso de vinhoto produzido nos municípios da região.....	39
Tabela 5.11 – Estimativa de produção de energia elétrica pelo excesso de vinhoto produzido nos municípios da região.....	40
Tabela 5.12 – Estimativa de redução da quantidade de vinhoto produzido pelos municípios na região.....	40
Tabela 5.13 – Estimativa da quantidade de vinhaça produzida na utilização do aquecimento indireto na redução de 2,5 litros/litro de etanol produzido.....	43
Tabela 5.14 – Estimativa da quantidade de vinhaça produzida na utilização do aquecimento indireto na redução de 5,0 litros/litro de etanol produzido.....	43
Tabela 5.15 – Estimativa da redução no excesso de vinhoto para a aplicação em 20% da área agrícola.....	44



## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Subprodutos e resíduos da cana-de-açúcar.....	08
Quadro 5.1 – Lista das usinas em operação em 2017 localizadas no MS.....	28





## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	01
1.1 Justificativa.....	02
1.2 Objetivo.....	02
1.2.1 Objetivo Geral.....	02
1.2.2 Objetivo Específico.....	02
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	03
2.1 Acepção do vinhoto.....	03
2.2 A Composição química do vinhoto.....	04
2.3 O processo de fabricação do etanol.....	05
2.3.1 Recepção, preparo e moagem da cana.....	05
2.3.2 Tratamento do caldo e pré-evaporação.....	06
2.3.3 Preparo do mosto.....	06
2.3.4 Fermentação e centrifugação.....	06
2.3.5 Destilação.....	07
2.4 Subprodutos e resíduos da cana-de-açúcar.....	08
2.5 Quantidade de vinhoto por litro de etanol produzido.....	10
2.6 Armazenagem e transporte da vinhaça.....	11
2.6.1 Armazenagem.....	11
2.6.2 Transporte.....	13
2.7 Aplicabilidade comum do vinhoto no país.....	14
2.7.1 A aplicação do vinhoto no solo.....	14
2.8 Os impactos do vinhoto no meio ambiente.....	17
3. AS NOVAS TECNOLOGIAS NO TRATAMENTO E UTILIZAÇÃO.....	21
3.1 Geração de energia.....	21
3.2 Concentração da vinhaça.....	22
3.2.1 Concentração da vinhaça por evaporação.....	23
3.2.2 Concentração da vinhaça por osmose reversa.....	23
3.3 Pecuária (ração animal) .....	24
3.4 Aquecimento indireto nas colunas de destilação e retificação.....	24
3.5 Produção de biodiesel.....	24
4. MÉTODO .....	26
4.1 Local de estudo.....	26

4.2 Coleta de dados.....	26
4.3 Análise de dados.....	26
5. RESULTADOS.....	27
5.1 Caracterização das indústrias na região de Rio Brilhante - MS.....	27
5.1.1 Usinas localizadas no Mato Grosso do Sul.....	28
5.1.2 Mapeamento das usinas localizadas na região de Rio Brilhante – MS.....	29
5.2 O vinhoto na região de Rio Brilhante - MS.....	29
5.2.1 Aproveitamentos do vinhoto na região de Rio Brilhante.....	31
5.2.2 Danos ambientais apresentados no aproveitamento do vinhoto na região.....	33
5.2.2.1 Proliferação de insetos.....	33
5.2.2.2 Odores.....	35
5.2.2.3 Saturação do solo.....	35
5.2.2.4 Contaminação das águas subterrâneas.....	36
5.2.2.5 Poluição de águas superficiais.....	37
5.3. Benefícios da utilização das novas tecnologias na região de Rio Brilhante – MS.....	38
5.3.1 Geração de energia.....	38
5.3.2 Concentração da vinhaça.....	40
5.3.3 Pecuária (ração animal).....	42
5.3.4 Aquecimento indireto nas colunas de destilação e retificação.....	42
5.3.5 Produção de biodiesel.....	44
5.4. Sugestões.....	45
6. CONCLUSÃO.....	46
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

## RESUMO

O objetivo principal desse trabalho foi estudar o uso do vinhoto pelas usinas localizadas na região de Rio Brilhante/MS, composta também pelos municípios vizinhos de Nova Alvorada do Sul e Maracaju. Os procedimentos metodológicos para o desenvolvimento desse estudo foram a coleta de dados em pesquisa bibliográfica e visitas nas usinas pertencentes a região determinada, para observação, conhecimento do processo de produção do vinhoto e evidenciar os métodos que são utilizados para a armazenagem, distribuição e aplicação deste subproduto através da fertirrigação. Verifica-se no estudo a grande contribuição da utilização do vinhoto nas mais diversas áreas agrícolas, porém a utilização dos 12,3 milhões de metros cúbicos de vinhoto estimados produzidos pelas usinas da região estudada, demonstram o desperdício no manejo atual deste subproduto. Conclui-se que as Usinas localizadas nos municípios de Rio Brilhante, Nova Alvorada do Sul e Maracaju, precisam adotar mecanismos de melhor utilização do vinhoto com rígido controle das agregações ao meio ambiente, aproveitando somente os benefícios que o uso específico do vinhoto pode trazer a economia regional, substituindo recursos não renováveis.

Palavras-chave: Vinhoto, uso, região, meio ambiente, estudo.



## **ABSTRACT**

The main objective of this work was to study the use of vinasse by the plants located in the region of Rio Brilhante / MS, which also is composed by the neighboring municipalities of Nova Alvorada do Sul and Maracaju. The methodological procedures for the development of this study were the data collection in bibliographic research and visits to the mills belonging to the determined region, for observation, knowledge of the production process of vinasse, and to highlight the methods that are used to storage, distribute and apply this product using fertile irrigation. It is verified the great contribution of the use of the vinhoto in the most diverse agricultural areas, but the use of the estimated 12.3 million cubic meters of vinasse produced by the plants of the studied region, demonstrate the waste in the current management of this byproduct. It was concluded that the plants located in the municipalities of Rio Brilhante, Nova Alvorada do Sul and Maracaju, need to adopt better mechanisms for the use of vinasse with strict control of the environment, taking advantage of only the benefits that the specific use of vinasse can bring to regional economy, replacing non-renewable resources.

Key words: Vinasse, use, region, environment, study.



## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, existe um grande descompasso entre a produção e o impacto ambiental no uso do vinhoto nas lavouras de cana-de-açúcar, devido ao alto índice de contaminação desse resíduo ao meio ambiente e o grande benefício do vinhoto no aumento da produtividade do etanol (MARQUES, 2013a).

Às questões ecológicas estão estimulando uma mudança de paradigmas na gestão das indústrias sucroalcooleiras, as cobranças efetuadas pelos órgãos de controle das questões ecológicas têm levado algumas empresas a se tornarem mais ou menos competitivas, de acordo com o seu posicionamento em relação ao desenvolvimento ecologicamente correto. Essa cobrança está fazendo com que as empresas busquem respostas em novas tecnologias para as necessidades do seu ajustamento às causas ambientais (BOUÇAS, 2009).

Para Leite 1999, "A grande vantagem no emprego da vinhaça é que ela pode substituir em grande parte os nutrientes da adubação mineral, sendo vários trabalhos que mostram aumento de produtividade da cana-de-açúcar devido à sua aplicação".

No entanto, estudos demonstram que o resíduo do vinhoto, largamente utilizados nas lavouras canavieiras pelo país, em grandes quantidades, possui elementos que dependendo da concentração no solo podem apresentar risco de poluição de águas subterrâneas (SILVA, 2007, p. 111).

Algumas usinas brasileiras possuem uma produção média de 7 a 10 litros de vinhaça por litro de etanol. Em contrapartida, outras usinas antigas, que mantêm em operação por sucessivos reparos registra-se uma média de 12 a 18 litros de vinhaça por litro de etanol. Toda esta vinhaça produzida é levada para o campo pelo processo da fertirrigação. Alguns especialistas dizem que ainda falta vinhaça para ser fertirrigada no campo, pois ainda sobram áreas cultivadas com cana que necessitam de fertirrigação (SALOMON, 2007, p.08).

Embora a bibliografia acerca dos efeitos da vinhaça no solo e nas águas subterrâneas seja ainda bastante limitada, com poucos trabalhos com a vinhaça de cana-de-açúcar, é possível verificar que os resultados são bastante variáveis em razão da grande diversidade de solos e composição das vinhaças (SILVA, 2007, p.113).

## **1.1. Justificativa**

Neste estudo foi abordado um dos subprodutos mais abundantes em usinas sucroalcooleiras, o vinhoto, e o seu aproveitamento agrícola e industrial no município de Rio Brilhante e região. Através de uma metodologia construtivista que busca valorizar os conhecimentos acumulados no desenvolvimento de novas tecnologias e métodos para o uso desse subproduto. O embasamento teórico adquirido no Curso de Engenharia de Produção juntamente com a pesquisa documental para referenciais teóricos, resultou no processo metodológico deste estudo.

As usinas sucroalcooleiras encontram dificuldade para se adaptar a problemática e responder a necessidade do aproveitamento desse subproduto e a demanda dos danos causados pelo seu uso no meio ambiente, e os órgãos responsáveis demonstram pouca intervenção neste campo. Para compreender melhor todo esse processo, foram discutidos os temas: Vinhoto, Utilização, Subproduto, Métodos, Meio Ambiente.

## **1.2 Objetivo**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

- Descrever como é realizada a aplicação do vinhoto pelas usinas localizadas no município de Rio Brilhante e região.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Pesquisar e descrever o método mais utilizado no uso da vinhaça, na região determinada e no país;
- Evidenciar os danos ambientais causados pelo uso comum da vinhaça na região determinada;
- Citar novos métodos e tecnologias para o aproveitamento do vinhoto, que vem sendo tanto utilizados como estudados;
- Propor quais benefícios trariam a região no caso do uso desses novos métodos e tecnologias;

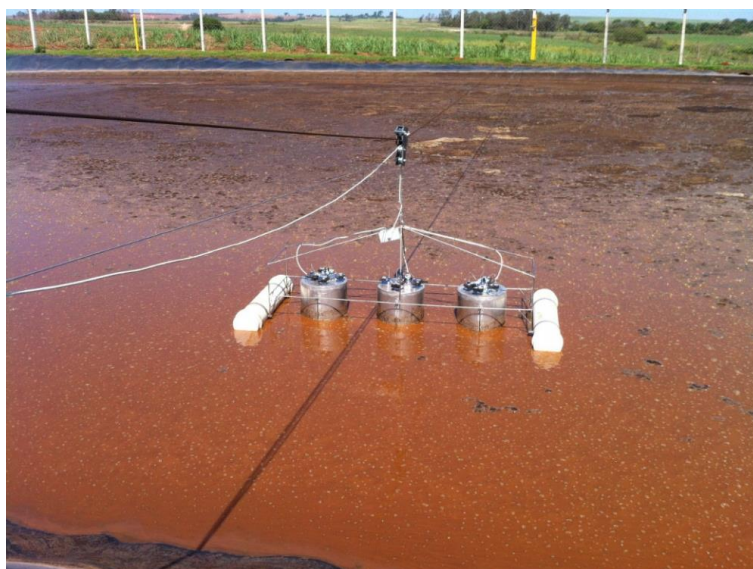


## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Acepção do vinhoto

Principal resíduo da fermentação do melaço e do caldo da cana-de-açúcar, o vinhoto também conhecido como vinhaça é um líquido de cor marrom escuro, de natureza ácida, elevada Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), corrosivo e altamente poluidor. É composta de 93% de água e 7% de sólidos, dentre os quais 75% são compostos por matéria orgânica e 25% de fração mineral (LUDOVICE, 1997).

Figura 2.1 – Ilustração que representa o vinhoto em seu reservatório



Fonte: FAPESP (2015)

Para Silva et al (2007) o vinhoto é “Caracterizado por ser um líquido de odor forte, coloração marrom-escuro, baixo pH, alto teor de potássio e com alta demanda química de oxigênio (DQO), ou seja, com alta carga de matéria orgânica contida no efluente, torna-se um material altamente poluidor”. Conforme a região o vinhoto também é conhecido por vinhote, garapão, mosto, stillage, restilo, tiborna, slops, vinasse e vinhaça (nome mais comum) (SILVA, 2007).

Já de acordo com Freire e Cortez (2000) a vinhaça:

“... é um líquido de cor marrom escuro, de natureza ácida, que sai da bica de destilação à temperatura de aproximadamente 107°C, com cheiro que vai do adstringente ao nauseabundo, qualidade está relacionada ao teor residual de açúcar o qual, por sua vez provoca um processo de putrefação tão logo a vinhaça é descarregada,

liberando gases fétidos que tornam os ambientes insuportáveis” (FREIRE E CORTEZ, 2000).

Deste modo, a vinhaça é o efluente gerado pelas destilarias ao se efetuar a separação do etanol do mosto fermentado. A natureza do mosto empregado, além de outros fatores, determinará as características da vinhaça, conforme pode ser observado para vinhaças resultantes do processamento de cana-de-açúcar. O aumento programado da produção de etanol ampliará consideravelmente o volume de vinhaça, tornando premente o desenvolvimento de alternativas de disposição e aproveitamento desse efluente (GRANATO, 2003, p 40).

Portanto para Leite (1999), a vinhaça, a calda da destilaria ou o vinhoto, "é resultante da produção de álcool, após a fermentação do mosto e a destilação do vinho. Trata-se de um material com cerca de 2% a 6% de constituintes sólidos, onde se destaca a matéria orgânica, em maior quantidade".

## 2.2 A composição química do vinhoto

A composição química do vinhoto depende muito das características do solo, variedade de cana, período de safra e processo industrial usado na produção de etanol. A vinhaça caracteriza-se pelo alto conteúdo de matéria orgânica e potássio, quantidades apreciáveis de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e sulfato e quantidades menores de zinco, ferro, manganês e cobre. O pH normalmente é ácido e a condutividade elétrica é bastante elevada (CRUZ, 2008a).

Segundo Prada et al. (1998) na composição química da vinhaça os teores de óxidos de cálcio (CaO) podem variar de 1.350 a 4.570 mg L<sup>-1</sup>, e os de óxidos de magnésio de 580 a 700 mg L<sup>-1</sup>. Segundo Marques (2006c) as principais características da vinhaça estão apresentadas na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – As características do vinhoto a partir da fermentação de diferentes mostos. (Continua)

<b>Parâmetro</b>	<b>Melaço</b>	<b>Caldo</b>	<b>Misto</b>
pH	4,2 - 5,0	3,7 - 4,6	4,4 - 4,6
Temperatura (°C)	80 – 100	80 – 100	80 - 100
DBO (mg/l O <sub>2</sub> ) <sup>1</sup>	25.000	6.000 - 16.500	19.800
DQO (mg/l O <sub>2</sub> ) <sup>2</sup>	65.000	15.000 - 30.000	45.000
Sólidos totais (mg/l)	81.500	23.700	52.700
Sólidos voláteis (mg/l)	60.000	20.000	40.000

Tabela 2.1 – As características do vinhoto a partir da fermentação de diferentes mostos. (Conclusão)

Sólidos fixos (mg/l)	21.500	3.700	12.700
Nitrogênio (mg/l N)	450 - 1.610	150 – 700	480 - 710
Fósforo (mg/l P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	100 – 290	10 – 210	9 - 200
Potássio (mg/l K <sub>2</sub> O)	3.740 - 7.830	1.200 - 2.100	3.340 – 4.600
Cálcio (mg/l CaO)	450 - 5.180	130 - 1.540	1.330 – 3.730
Magnético (mg/l MgO)	420 - 1.520	200 – 490	580 - 700
Sulfato (mg/l SO <sub>4</sub> )	6.400	600 – 760	3.700 - 3.730
Carbono (mg/l C)	11.200 - 22.900	5.700 - 13.400	8.700 - 12.100
Relação C/N	16 - 16,27	19,7 - 21,07	16,4 - 16,43
Matéria orgânica (mg/l)	63.400	19.500	3.800
Subst. redutoras (mg/l)	9.500	7.900	8.300

**DQO - Demanda química de oxigênio DBO - Demanda bioquímica de oxigênio**

Fonte: Marques (2006a)

### 2.3 Processo de fabricação do etanol

A sequência básica na produção do álcool onde se obtém a vinhaça é: Recepção, preparo e moagem da cana; Tratamento e pré-evaporação; Preparo do mosto; Fermentação e centrifugação e Destilação (produção de álcool e vinhaça).

#### 2.3.1 Recepção, preparo e moagem da cana

No procedimento de recepção e preparo da cana, que ocorre antes da moagem, a cana-de-açúcar é lavada (em algumas usinas não ocorre a lavagem) nas mesas alimentadoras, local onde a cana que chega das lavouras é descarregada. Após a lavagem, através de esteiras metálicas a cana passa por um picador e depois um desfibrador, esses equipamentos tem a função de triturar os colmos para uma melhor eficiência na moagem. Com o termino da fase de recepção e preparo a cana é enviada a moenda onde ocorre a extração do caldo (CHIEPPE JÚNIOR, 2012).

Essa extração ocorre de forma que rolos submetidos a uma determinada pressão forçam a cana desfibrada a soltar o caldo com a ajuda da embebição, que consiste na adição de água ao processo de moagem para melhor extração. O caldo extraído então é destinado ao processo de tratamento de caldo (CHIEPPE JÚNIOR, 2012).

### 2.3.2 Tratamento do Caldo e pré-evaporação

O caldo destinado a destilaria pelo tratamento não necessita passar pela parte de evaporação, somente a pré-evaporação se faz necessária. O tratamento de caldo consiste no aquecimento do caldo a 105°C utilizando o vapor da própria usina, após esse aquecimento o caldo é destinado aos decantadores que realizam a limpeza do caldo, resultando no caldo clarificado e no lodo (resíduo). O lodo é destinado ao tratamento de resíduo e o caldo clarificado segue para a pré-evaporação (CHIEPPE JÚNIOR, 2012).

Na pré-evaporação o caldo clarificado é aquecido até uma temperatura de 115°C, também se utilizando vapor produzido pela usina, levando este caldo a uma concentração de 20° Brix, o brix sendo a porcentagem de massa de sólidos solúveis contidos em uma solução de sacarose quimicamente pura. Esse aquecimento auxilia no processo de fermentação por esterilizar as bactérias e leveduras selvagens. A pré-evaporação resulta no caldo clarificado pré-evaporado que segue para o processo de preparo do mosto para fermentação (CHIEPPE JÚNIOR, 2012).

### 2.3.3 Preparo do mosto

O mosto pode ser composto pelo caldo clarificado, caldo clarificado pré-evaporado, melaço (subproduto da produção de açúcar) e água, além dos fermentos, é definido como um líquido açucarado fermentável. O caldo vindo do processo de tratamento e pré-evaporação passa por trocadores de calor reduzindo a temperatura do caldo para 30°C e enviado as dornas de fermentação. Nessas dornas é preparado o mosto de acordo com as condições definidas pela administração como a mistura que será realizada e regulagem de vazão (CHIEPPE JÚNIOR, 2012).

### 2.3.4 Fermentação e centrifugação

Com o mosto preparado se inicia o processo de fermentação, que como dito anteriormente é realizada nas dornas de forma continua e agitada, consistindo de 4 estágios em série através de seis dornas. Na fermentação as moléculas de açúcar são quebradas se transformando em etanol, a levedura utilizada no processo é especial para a fermentação alcoólica tendo como nome *Saccharomyces uvarum*. A temperatura do processo de fermentação varia entre

28°C e 30°C, e o nome dado ao mosto fermentado é vinho que contem cerca de 9,5% de álcool (CHIEPPE JÚNIOR, 2012).

Assim que terminada a fermentação o vinho é destinado as centrifugas que tem como objetivo separar o vinho das leveduras utilizadas no processo para que as mesmas sejam recuperadas em cubas para posteriormente participarem do processo novamente. O vinho que é resultado da centrifugação é chamado de vinho delevedurado com uma composição entre 7ºe 10ºGL (% em volume) de álcool (CHIEPPE JÚNIOR, 2012).

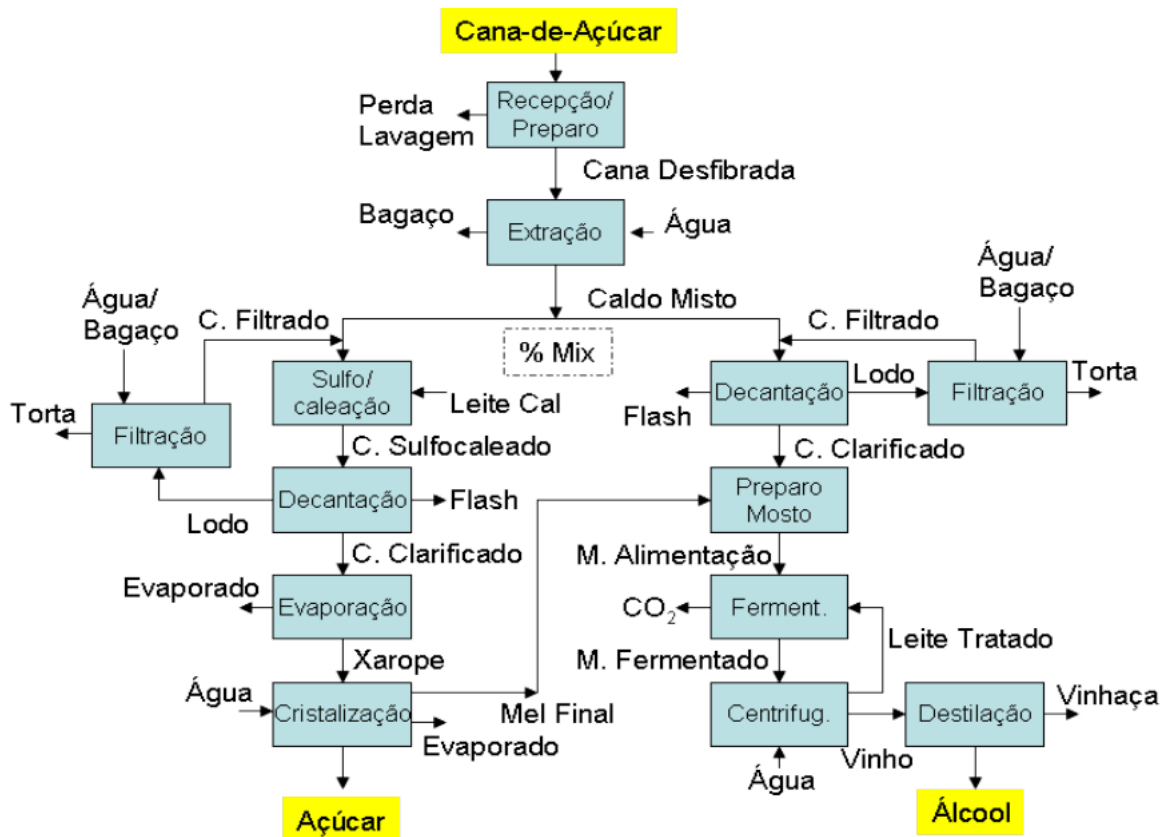
### 2.3.5 Destilação

Pelo fato do álcool possuir um ponto de ebulição menor que o da água torna-se possível separa-los através da destilação. A destilação consiste em se aquecer o vinho delevedurado até que o álcool evapore e se separe dos resíduos. A operação é realizada em colunas distribuídas em quatro sub processos, que são: a destilação propriamente dita, retificação, desidratação e recuperação do desidratante (CHIEPPE JÚNIOR, 2012).

Na destilação propriamente dita, ocorre a separação entre o etanol e o vinho delevedurado, resultando na flegma (álcool em estado gasoso, com composição entre 40º e 50ºGL) e na vinhaça, que sai pela base da coluna. Essa vinhaça passa por um trocador de calor onde faz troca térmica com o vinho que entra no processo de destilação, auxiliando em seu aquecimento (CHIEPPE JÚNIOR, 2012).

A flegma resultante passa pelas colunas de retificação, que tem o papel de concentrar a flegma a uma graduação de cerca de 96ºGL e continuar com sua purificação, resultando no álcool hidratado e no óleo fúsel que passam por processos de troca de calor para se tornarem líquidos novamente. Parte do álcool hidratado é destinado a desidratação, que consiste em diminuir a quantidade de água no álcool e elevar seu teor alcoólico para 99,3% (p/p). Esse procedimento consiste no aquecimento do álcool hidratado até sua evaporação, este vapor passa por uma peneira molecular que absorve a água deixando passar somente o vapor de álcool que é condensado resultando no álcool anidro (CHIEPPE JÚNIOR, 2012).

Figura 2.2 – Fluxograma do processo completo de fabricação de álcool



Fonte: Teixeira Junior (2015)

## 2.4 Subprodutos e resíduos da cana-de-açúcar

Da cana-de-açúcar é possível se utilizar praticamente tudo, sendo que os subprodutos e resíduos podem ser empregados na alimentação humana e animal, na fertilização de solos e na co-geração de energia. Destacado no Quadro 2.1 as principais características dos subprodutos e resíduos da cana, de acordo com estudos da EMBRAPA.

Quadro 2.1 – Subprodutos e resíduos da cana-de-açúcar (continua)

BAGAÇO
<p>O bagaço da cana pode ser definido com um resíduo da extração do caldo rico em fibras; sua quantidade depende da cana que está sendo processada, e sua composição média é de 46% de fibra e 50% de umidade. Considerando essa composição, resulta em aproximadamente para cada tonelada de cana processada um valor de 280 quilos de bagaço. É um dos subprodutos mais abundantes e de maior importância na produção sucroalcooleira. Tem como principais aplicações a alimentação de animais, combustível para energia térmica e produção de celulose.</p>

Quadro 2.1 – Subprodutos e resíduos da cana-de-açúcar (conclusão)

<b>TORTA DE FILTRO</b>
Resultante do processo de tratamento de caldo o lodo passa pelos filtros prensa que realizam uma filtração mecânica deste lodo separando sólido do líquido, resultando na torta de filtro. A sua proporção de produção é entre 20 e 40 quilos de torta por tonelada de cana processada, possui uma umidade média de 75% e tem sua maior utilização como fertilizante.
<b>MELAÇO (OU MEL FINAL)</b>
Cada tonelada de cana processada resulta em uma quantidade entre 40 e 60 quilos de mel final, e é o principal subproduto no processo de produção de açúcar em usinas sucroalcooleiras. Sua principal utilização é na produção de álcool por possuir alto teor de açúcar em sua composição, porém também pode ser utilizada como matéria-prima para produção de outros produtos, como rações animais, proteínas, levedura para panificação, antibióticos, dentre outros produtos.
<b>VINHAÇA</b>
Tem uma produção entre 12 e 18 litros para cada litro de etanol produzido na destilaria, dependendo da natureza do mosto utilizado na fermentação. É um resíduo da destilação do vinho de levedurado. Tem sua principal aplicação como fertilizante, e outras formas de sua utilização são: produção de biogás, alimentação de animais, produção de biomassa e a produção de proteínas.
<b>ÓLEO FÚSEL</b>
Tem como proporção de produção de 0,05 a 0,2 litros para cada 100 litros de etanol, com composição variando de acordo com a qualidade e natureza da matéria-prima utilizada na produção do etanol, assim como a qualidade do etanol produzido. É constituído de álcoois, furfural, aldeídos ácidos, entre outros. Sua utilização é realizada no processamento de refinação para a produção de álcoois com diferentes graus de pureza, e para a produção de outras substâncias como solventes.
<b>ÁLCOOL BRUTO</b>
Sua produção é realizada em uma proporção de 5 litros para cada 100 litros de etanol produzidos. Assim como outros subprodutos da destilaria, a natureza da matéria-prima utilizada em sua produção determina a quantidade que será produzida, assim como as condições operacionais do aparelho de destilação. Sua aplicação pode ser realizada na produção de álcoois neutros e extrafinos, podendo também ser usado diretamente como combustível.
<b>LEVEDURA SECA</b>
Para a produção de 2,5 quilos de levedura seca são necessários 100 litros de álcool, sendo obtida através da secagem de parte do leite de levedura durante o processo de condução da fermentação. A levedura seca possui em sua composição alto teor de vitaminas do complexo B e 35% de proteína. Sua aplicação principal é na composição de rações animais.

Fonte: Alcarde (2009b) / EMBRAPA

O volume dos subprodutos da indústria canavieira representa em torno de 80 milhões de toneladas de bagaço e cerca de 200 milhões de m<sup>3</sup> de vinhaça. Esses resíduos são subaproveitados e representam um potencial significativo de uma fonte renovável no setor energético, principalmente a médio e longo prazo (GRANATO 2003, p.17).

No Brasil e no mundo, foram acumuladas várias experiências sobre a utilização dos subprodutos da cana-de-açúcar. Por diversas razões, até de puro desconhecimento e preconceitos, o setor não se vale destas experiências para buscar alternativas que lhe permitam racionalizar a produção (CORTEZ, 1991).

Para Neves (2007), na área de produção existem várias ações recomendadas para elaboração de um planejamento e uma programação voltados para pesquisa e desenvolvimento nesse setor. Destacamos abaixo algumas delas:

... “Estimular a integração e diversificação da agricultura voltada para a produção de alimentos e energia. Mediante aplicação de tecnologias, explorar a sinergia entre os dois tipos de plantio, desmistificando a visão de concorrência entre estes. A integração de usina de açúcar e álcool com planta de biodiesel permite adicionar um produto (biodiesel) ao *mix* de produtos das usinas; estimular a expansão da atividade canavieira principalmente em regiões onde existam pastagens degradadas ou subutilizadas. Este zoneamento deve também considerar que, para a economia dos municípios, é importante que outras culturas agrícolas permaneçam, viabilizando a coexistência com a cana e a diversificação econômica” (NEVES, 2007, p. 13).

A melhor utilização dos subprodutos da cana, tornariam a sua produção ainda mais vantajosa economicamente para qualquer país. (CORTEZ, 1991).

## **2.5 Quantidade de vinhoto por litro de etanol produzido**

De acordo com a agência AGEITEC, as indústrias sucroalcooleiras produzem, em média, de 12 a 18 litros de vinhoto para cada litro de etanol produzido (ALCARTE, 2014).

Nas últimas décadas as empresas sucroalcooleiras têm investido no destino desse resíduo. A quantidade de vinhaça gerada no processo de destilação depende de vários fatores, entre eles, a composição físico-química e mudanças no processo de destilação (SALOMON, 2007, p.07).



## 2.6 Armazenagem e transporte da vinhaça

### 2.6.1 Armazenagem

A armazenagem da vinhaça nas indústrias é realizada em tanques que são revestidos de cimento ou geomembrana impermeabilizante, e em alguns casos de armazenagem incorreta, sobre lonas plásticas. Esses tanques podem ser divididos em tanques mestres, que geralmente recebem a vinhaça após sua saída da destilaria, e tanques secundários, que recebem a vinhaça do tanque mestre para ser destinada aos canais de transporte ou caminhões de distribuição (MORAIS, 2014, p.19).

A vinhaça é geralmente reutilizada no processo de destilação, passando pelo processo de troca de calor com o vinho delevedurado que está entrando no processo de produção de álcool, onde eleva a temperatura do vinho de 65°C para 95°C. Desta forma, diminui sua própria temperatura facilitando seu manuseio e transporte, sendo destinado aos tanques de armazenagem (ELIA NETO, 2016a).

O transporte da destilaria até esses tanques é realizado por tubulações resistentes a altas temperaturas. No caso de as tubulações não serem adequadas ocorrerão vazamentos que podem causar danos ambientais e vários problemas à empresa. Para auxiliar na diminuição da temperatura da vinhaça são utilizadas torres de resfriamento que reduzem a temperatura da vinhaça para abaixo de 60°C, podendo então ser armazenada nos tanques mestres (ELIA NETO, 2016a).

Figura 2.3 – Ilustração que representa tanques mestres e torres de resfriamento



Fonte: Elia Neto (2016a)

Figura 2.4 – Ilustração que representa os tanques secundários



Fonte: Nex Engenharia (2018)

Em 2013, foi elaborado por um deputado federal Major Fábio (2013) um projeto de lei que dispõe sobre o armazenamento, transporte e aplicação no solo da vinhaça gerada pela atividade sucroalcooleira no processamento de cana-de-açúcar, no entanto, permanece sem aprovação até a presente data. Esse documento propõe no seu artigo 4º, parágrafo 4º que “A definição da localização dos reservatórios de vinhaça e do canal mestre deverá ser precedida por estudos do nível do lençol freático e das taxas de infiltração do solo, de modo a garantir a não contaminação das águas superficiais e subterrâneas”.

As normas e diretrizes vigentes são a Portaria nº 323 de 29/11/1978, que proíbe o lançamento direto ou indireto da vinhaça, em qualquer coleção hídrica, pelas destilarias instaladas ou que venham se instalar no país. (Ministério do Interior, 1978b),

A Portaria nº124 de 20/08/1980, do Ministério do Interior (1980a) determina que:

II - Todo depósito projetado ou construído acima do nível do solo, para receber líquidos potencialmente poluentes, deverá ser protegido, dentro das necessárias normas de segurança devendo ser construídos, para tanto, tanques, amuradas, silos subterrâneos, barreiras ou outros dispositivos de contenção, com a capacidade e a finalidade de receber e guardar os derrames de líquidos poluentes, provenientes dos processos produtivos ou de armazenagem.

Portanto, não foi encontrada nenhuma nova legislação que normatize todo esse processo de armazenagem dos subprodutos das usinas sucroalcooleiras.

### 2.6.2 Transporte

A distribuição dos resíduos armazenados nos tanques normalmente é feita através de canais de distribuição de vinhaça (Figura 2.5), onde os mesmos geralmente são canais abertos que transportam a vinhaça por gravidade ou bombeamento dos tanques de armazenagem aos talhões nas lavouras onde o vinhoto será aplicado (MORAIS, 2014).

Essa é a prática de transporte de vinhoto mais barata utilizada pelas indústrias chegando a desenvolver uma vazão de até 300m<sup>3</sup>/dia, podendo ser maior no caso da utilização da geomembrana como revestimento. A utilização desses canais se estende por toda a safra (MORAIS, 2014).

Esse sistema de transporte tem como maior vantagem a redução do custo de transporte, sendo possível sua combinação com o transporte rodoviário levando a uma redução da distância percorrida pelos caminhões (ELIA NETO, 2016b).

Figura 2.5 – Ilustração que representa o canal de distribuição de vinhaça



Fonte: Biocana (2010)

Outro método utilizado pelas empresas para se distribuir o vinhoto é através de caminhões do tipo rodotrem, que podem fazer o papel de levar a vinhaça da unidade industrial até os tanques de armazenagem e canais de distribuição, como também serem utilizados para a distribuição direta nas lavouras de cana-de-açúcar, onde o processo de distribuição do vinhoto no solo é feito por gravidade chuva, sendo um dos métodos mais utilizados na região Centro-Sul do país (MORAIS, 2014).

Os caminhões do tipo rodotrem tem uma capacidade de carga entre 45 e 60 m<sup>3</sup> (ELIA NETO, 2016b).

Figura 2.6 – Ilustração que representa o caminhão rodotrem ou veículo tanque



Fonte: Elia Neto (2016a)

## 2.7 Aplicabilidade comum do vinhoto no país

De acordo com Silveira (2015), no ano de 2014 foram gerados aproximadamente 280 bilhões de litros de vinhaça no Brasil, onde cerca de 97% desta quantia foi utilizada como fertilizante nas lavouras de cana-de-açúcar através da aplicação do vinhoto no solo.

### 2.7.1 A aplicação do vinhoto no solo

Para estudiosos como Marques, Leite e Granato (2006) os benefícios da utilização do vinhoto na agricultura são originários tanto do ponto de vista econômico e social quanto do agrônômico são irrefutáveis. O melhoramento imediato nas lavouras canavieiras decorrente do uso racional desse resíduo se dá pelo aumento da produtividade, que ocorre com mais amplitude em regiões mais secas e solos mais pobres. Segundo Marques (2009b):

A aplicação do vinhoto nas lavouras, bem como a fertirrigação, é prática adotada por todas as usinas e destilarias com tecnologia conhecida e bem definida, existindo inúmeros ensaios que comprovam os resultados positivos obtidos na produtividade agrícola associado à economia dos adubos minerais. Desta forma, o vinhoto é 100% utilizado como método de fertirrigação em canaviais.

De acordo com Moraes (2014) apud ANA (2009), os sistemas de aspersão são os mais utilizados na aplicação da vinhaça no solo, sendo constituídos de autopropelidos com carretel enrolador. Denomina-se carretel enrolador por permitir o enrolamento das tubulações utilizadas na alimentação dos canhões hidráulicos de aspersão. O posicionamento do equipamento se dá através de um trator que também auxilia no desenrolar do carretel. Estando os equipamentos posicionados e regulados de acordo com a taxa de aplicação necessária, dá-se início à aspersão, que tem como raio de aplicação aproximadamente 90 metros. Esse sistema de aspersão é denominado aspersão com carretel enrolador, como demonstrado na figura 2.7, e tem a capacidade de puxar vinhoto tanto dos canais de transporte de vinhaça como de caminhões, atingindo áreas mais distantes.

Figura 2.7 – Ilustração que representa o sistema de aspersão com carretel enrolador



Fonte: ANA (2009)

Já a aspersão com montagem direta (figura 2.8) também possui moto bombas com aspersores tipo canhões hidráulicos. Porém, pelo fato de não possuir carretel enrolador, somente pode ser utilizado próximo aos canais de transporte de vinhoto e, devido a esse fato, são menos utilizados atualmente (ELIA NETO, 2016a).

Figura 2.8 – Ilustração que representa sistema de aspersão com montagem direta



Fonte: Elia Neto (2016a)

A distribuição no solo não é somente feita através da fertirrigação. Outro método utilizado para se distribuir o vinhoto sobre o solo é através de veículos de distribuição. A distribuição por veículo-tanque é empregada desde que se iniciou o uso do vinhoto como fertilizante. Os primeiros tanques eram feitos de madeira e, posteriormente, utilizou-se o aço carbono, aço carbono-naval, aço inoxidável ou fibra de vidro. Esse sistema permite adequar a composição química do vinhoto, com a adição de fertilizantes minerais, com certo controle e alguma uniformidade (MARQUES, 2013a).

Existem também alguns sistemas não convencionais de fertirrigação, como: aspersão por pivô central, pivô rebocável e a aplicação por gotejamento. Esses sistemas não convencionais ainda não demonstram viabilidade econômica, porém são estudados para regiões onde haja a necessidade de uma irrigação suplementar da cana-de-açúcar, como no caso da região Norte-Nordeste (ELIA NETO, 2016b).

Para a definição da quantidade de vinhaça a ser distribuída no solo, a Norma Técnica P4.231 foi publicada no ano de 2005 pela CETESB. Essa norma técnica visando diminuir os danos ambientais causados pela utilização da vinhaça tornou obrigatória a impermeabilização dos tanques de armazenagem e canais de distribuição, além de demonstrar uma fórmula desenvolvida por especialistas para se regular a dosagem da aplicação de vinhoto no solo (ELIA NETO, 2016a).

$$\text{Taxa de aplicação} = [ (0,05 * CTC - K_{\text{solo}}) * 3744 + 185 ] / K_{\text{vinhaça}}$$

**Taxa de aplicação:** taxa volumétrica de aplicação (m<sup>3</sup>/ha);

**0,05:** 5% da CTC;

**CTC:** capacidade de troca catiônica ( $\text{cmolc/dm}^3$ ) a pH 7.0, dada pela análise de fertilidade do solo;

**Ksolo:** concentração de potássio no solo ( $\text{cmolc/dm}^3$ ), à profundidade de 0 a 80 cm, obtida na análise do solo;

**3744:** valor constante para transformar os resultados da análise de fertilidade para kg de potássio em um volume de um hectare por 0,80 metros de profundidade;

**185:** kg de  $\text{K}_2\text{O}$  extraído pela cultura por ha, por corte;

**Kvinhaça:** concentração de potássio na vinhaça ( $\text{kg.K}_2\text{O/m}^3$ ) (ELIA NETO, 2016a apud CETESB, 2005).

Como demonstrado na fórmula, as dosagens de vinhaça a ser aplicada variam de acordo com determinados valores, como a concentração de potássio no solo. Levando-se em consideração a vinhaça com concentração de potássio entre 1 e 3  $\text{kg.K}_2\text{O/m}^3$  e uma necessidade nutricional da planta média de 185  $\text{kg.K}_2\text{O/ha}$ , resulta em uma taxa de aplicação média de 100 a 300  $\text{m}^3$  de vinhoto por hectare (ELIA NETO, 2016a).

## 2.8 Os impactos do vinhoto no meio ambiente

O vinhoto se apresenta como um resíduo altamente poluente e muito mais agressivo ao meio ambiente que o esgoto sanitário doméstico. Quando jogado nos rios constitui uma séria fonte de poluição (MARQUES, 2013a, p7).

De acordo com a CNPEM (Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais), o resíduo vinhoto passou a ser importante a partir da criação do Programa Nacional do Álcool (Proálcool) no ano de 1975. É um material orgânico rico em diversos componentes que podem auxiliar como fertilizante nas lavouras, como o potássio e magnésio. Existindo no país cerca de 400 usinas, tem-se um volume muito grande desse subproduto que resulta em aplicações excessivas como fertilizante por parte das indústrias. Essas aplicações excessivas causam diversos danos ambientais, como: contaminação de lençóis freáticos, emissão de gases do efeito estufa, salinização do solo, dentre outros (CNPEM, 2015).

O vinhoto pode ser qualificado também como efluente de destilarias com alto poder poluente, decorre da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO), além de elevada temperatura na saída dos destiladores; é considerada altamente nociva à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces, além de afugentar a fauna

marinha que vem às costas brasileiras para procriação (SILVA, 2007 p.109 apud FREIRE & CORTEZ, 2000).

Para Silva (2007):

No momento em que a matéria orgânica contida na vinhaça é incorporada ao solo, ela é colonizada por fungos, os quais a transformam em húmus, neutralizando a acidez do meio preparando, deste modo, o caminho para proliferação bacteriana; assim, quando adicionada como fertilizante, favorece também o desenvolvimento desses microrganismos os quais atuam na mineralização e imobilização do nitrogênio e na sua nitrificação, desnitrificação e fixação biológica, bem como de microrganismos participantes dos ciclos biogeoquímicos de outros elementos (SILVA, 2006, p. 110).

Conforme Granato (2003, p 40), deve-se inicialmente considerar que a elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da vinhaça, que supera freqüentemente 20000 mg/l, torna-a altamente poluidora. Seu lançamento indiscriminado aos rios e corpos d'água pode poluir as reservas hídricas e, portanto, causar sérios danos à biodiversidade e ecossistemas destes meios. Segundo Granato (2003), a vinhaça gerada por uma destilaria de 120 m<sup>3</sup> de álcool por dia, por exemplo, representa o efeito poluidor dos esgotos domésticos de uma cidade com uma população equivalente de cerca de 270 mil habitantes.

Inúmeros problemas ecológicos, sociais, políticos e econômicos gerados pela eliminação da vinhaça em leitos d'água estão registrados em literaturas que listam as disputas envolvendo usineiros e população. Tal prática é vetada por dispositivos legais desde 1934, por diversos artigos do Código Penal Brasileiro, Leis Estaduais e Portarias (GRANATO, 2003, p.55).

A degradação dos solos, por sua vez, pela compactação, erosão ou lançamento de vinhoto em grandes concentrações, ademais de elevar os custos de produção pela redução da produtividade e/ou elevação das necessidades de fertilizantes e corretivos, pode chegar ao limite de inviabilizar a própria produção agropecuária. Além disso, o assoreamento dos rios pela erosão pode significar, no limite, um déficit de suprimento da água necessária ao processamento industrial da cana-de-açúcar, haja vista que a operação de lavagem desta matéria prima significa uma demanda de 5 mil litros de água por tonelada de cana-de-açúcar processada (GUARNIERI, 1992).

Segundo Bouças (2009, p.67), na indústria do açúcar e do álcool o emprego do vinhoto como fertilizante adicionado em água de irrigação é a solução. Ocorre



que existem duas situações independentes à produção e o consumo do vinhoto. O consumo depende das condições de campo e não da produção da usina, o que obriga a que se faça um estoque, uma lagoa reservatório, aguardando a oportunidade da aplicação no campo. Nos casos em que estas lagoas fugiram ao controle, e não são poucos os casos em que extravasou vinhoto, o líquido seguiu seu caminho inexorável rumo a um curso d'água.

A Portaria nº 323, publicada em 29 de novembro de 1978, pelo Ministério do Interior (1978b), proíbe terminantemente o lançamento direto e indireto de vinhaça em qualquer coleção hídrica pelas destilarias, obrigando as agroindústrias a apresentarem projetos para implantação de sistemas que utilizassem modo racional a vinhaça e águas residuais geradas pela fabricação do álcool. O Ministério, considerando que os efeitos dessa poluição hídrica se têm agravado em decorrência do aumento da produção das destilarias de álcool, recomenda a adoção de medidas que resguardem o equilíbrio ecológico e o meio ambiente.

O estudo do descarte do vinhoto é de grande importância para o meio-ambiente, pois é considerado nocivo à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces, e afugenta a fauna marinha que vem às costas brasileiras para procriar (FREIRE & CORTEZ, 2000).

Conforme Neves (2007, p.17), a competitividade do Brasil na produção de etanol é ponto pacífico. Sua manutenção, contudo, depende da operacionalização de projetos estratégicos, da definição de responsáveis e da limitação de prazos e determinação de datas. Mais do que nunca, planejamento é necessário neste setor, para que todas as oportunidades possam ser alcançadas e seus pontos fracos combatidos, visando ao equilíbrio e à sustentabilidade.

Contudo, a questão ambiental não se restringe à poluição atmosférica nas regiões urbanas. E, na medida em que, na produção de álcool existem múltiplos impactos ambientais, torna-se necessária uma análise dos principais impactos ambientais decorrentes de todas as etapas desta cadeia energética. Tais impactos ocorrem na fase de produção agrícola de cana-de-açúcar, na fase de processamento industrial, que gera várias efluentes e emissões, e na fase de distribuição, na qual aproximadamente 50% da produção é transportada por rodovias (GUARNIERI et al, 1992).

Para Bouças (2009, p. 04), somente através de um sistema de controle de riscos ambientais, onde as variáveis sobre os possíveis impactos ambientais

decorrentes das ações do sistema produtivo possam ser identificadas, ou então das prováveis externalidades existentes possam ser previstas, os gerentes têm melhores condições de prevenir e adotar medidas corretivas para a redução das contingências da empresa. O conhecimento prévio dos custos ambientais é necessário para que a empresa possa interferir nas causas que possam vir a dar origem aos impactos ambientais, ou então ser utilizado como uma forma de tentar minimizar esses impactos.

### 3. NOVAS TECNOLOGIAS NO TRATAMENTO E UTILIZAÇÃO DO VINHOTO

O método mais comum no aproveitamento do vinhoto é sua aplicação como fertilizante, porém novas tecnologias mais viáveis para sua utilização estão surgindo devido a urgência de se mitigar os danos ambientais que o uso comum da vinhaça traz as regiões na qual é utilizada. Essas novas tecnologias estão tornando viável seu uso na produção de biogás ou na pecuária como complemento de alto teor proteico da ração animal (ELIA NETO, 2016b).

#### 3.1 Geração de energia

A vinhaça tem como seu maior destino a aplicação como fertilizante para as lavouras de cana-de-açúcar, porém novos destinos para esse subproduto vêm sendo estudados com a finalidade de propor novas opções mais viáveis tanto financeiramente como ecologicamente. Um desses novos destinos é a geração de energia elétrica através do biogás, onde o vinhoto é transformado em biogás através da biodigestão anaeróbica da vinhaça.

“O biogás é obtido pela conversão da biomassa em energia secundária realizada pelo processo de biodigestão da vinhaça, rica em matéria orgânica” (COSTA, 2014). O reator anaeróbico de fluxo ascendente - UASB - é um exemplo de biodigestor adequado na digestão do vinhoto, assim como as lagoas anaeróbicas.

A realização da biodigestão anaeróbia consiste em grupos de bactérias fermentativas que tem o papel de degradar a matéria orgânica existente no vinhoto, resultando na formação de metano e CO<sub>2</sub> (COSTA, 2014). O resíduo do processo de biodigestão anaeróbia pode ser reutilizado como fertilizante, pois a redução de DBO (Demanda bioquímica de oxigênio) e DQO (Demanda química de oxigênio) no resíduo não interfere em seu valor nutricional (COSTA, 2014).

O fator mais importante na produção de biogás é a concentração de DQO do vinhoto, medida esta utilizada para se conhecer a quantidade de compostos orgânicos na vinhaça. Seu resultado é a quantidade de oxigênio necessária para se oxidar o dióxido de carbono, os compostos orgânicos e a água que compõe o vinhoto. Como já demonstrado a concentração de DQO varia de acordo com o mosto utilizado na fermentação. No entanto, pode se considerar que 1 m<sup>3</sup> de vinhoto pode produzir entre 7 e 15 Sm<sup>3</sup> de biogás, uma quantidade que corresponde a uma

produção de 37 a 78 kW de energia térmica e 17 a 37 kW de energia elétrica (CRUZ, 2016b).

A figura 3.1 demonstra o processo para a produção de biogás e suas possíveis utilizações.



Fonte: CNPEM (2015)

### 3.2 Concentração da vinhaça

Realizar o tratamento da vinhaça por concentração é um método que surgiu para sanar diversos problemas relacionados ao uso da vinhaça, diminuindo seus danos ambientais e viabilizando seu uso como fertilizante em áreas mais afastadas assim como seu uso em rações animais. Existem dois métodos mais utilizados para se realizar a concentração do vinhoto: concentração de vinhaça por evaporação e a concentração por osmose reversa (ELIA NETO, 2016a).

A usina Rio Pardo localizada no estado de São Paulo faz o uso da concentração da vinhaça desde o ano de 2009. O equipamento que utilizam trabalha com uma vazão de entrada de 110 metros cúbicos de vinhoto por hora, que resulta em uma saída de vinhaça concentrada de 15 metros cúbicos por hora (CANA

ONLINE, 2014). Sendo assim, uma redução de aproximadamente 86% no volume de vinhaça produzida.

### 3.2.1 Concentração de vinhaça por evaporação

O concentrador de vinhaça através da tecnologia de evaporação usa transferência de calor para se concentrar as substâncias não voláteis contidas no vinhoto, resultando em um produto (vinhoto) com concentração de sólidos mais elevada. Esse processo utiliza vapor de escape produzido pela própria usina nas caldeiras, o qual é aplicado ao vinhoto em pressão constante elevando sua temperatura até o ponto de saturação. Assim que a pressão do vapor da vinhaça atinge a pressão do ambiente adjacente o líquido começa a vaporizar-se separando do líquido residual que, como resultado, tem sua concentração elevada. (RIOS e FRAGA, 2015).

Neste processo são utilizados cerca de 0,2 kg de vapor por litro de vinhaça, chegando a concentrar a vinhaça em torno 10 vezes, aumentando assim seu Brix. O único empecilho encontrado neste método é o fato de ser um concorrente da geração de bioeletricidade por necessitar de uma alta quantidade de vapor, fator que levou ao estudo de novas alternativas como a utilização de somente vapor alcoólico, cerca de 2 kg de vapor por litro de etanol (ELIA NETO, 2016a).

### 3.2.2 Concentração de vinhaça por osmose reversa

O processo de concentração por osmose reversa utiliza-se de membranas e consiste na separação dos sólidos contidos na vinhaça por uma barreira física seletiva. Essa tecnologia ainda não atingiu o potencial da concentração por evaporação, que tem teores de sólidos de 20% ou mais, atingindo cerca de 12%. Porém, esta tecnologia não necessita de vapor, um fator positivo no caso de uma vinhaça diluída, e também pode ser utilizada em conjunto com a concentração por evaporação, fazendo o papel de uma pré-evaporação e reduzindo a necessidade de vapor. O processo tem como outra vantagem a produção de água em nível de potabilidade que pode ser reutilizada no processo industrial (ELIA NETO, 2016a).

### **3.3 Pecuária (ração animal)**

A vinhaça, além de seu potencial energético e fertilizante, também pode ser utilizada na pecuária como complemento de rações animais, devido a seu alto teor protéico dentre outros fatores (USINA PEDERNEIRAS, 2018).

A utilização da vinhaça na ração animal vem sendo estudada pelo fato de possuir em suas características fermentos, minerais, vitaminas, dentre outros compostos químicos. Pode ser utilizada como mistura na ração para bovinos, suínos e aves (MARINHO, 2016).

No seu preparo para ser inserido em rações, a primeira etapa é a realização da concentração do vinhoto, passando por um tratamento de redução de potássio o que leva a ração desenvolvida desta forma a não interferir no sabor e odor do leite, apresentando uma boa aceitação pelos animais e ganho de peso adequado (MARINHO, 2016).

A restrição nessa utilização é a dosagem que deve ser respeitada não passando de 10% de consumo diário em ruminantes e 3% em suínos. No caso das aves a utilização da vinhaça concentrada apresenta como fatores positivos o fator econômico e melhorias no crescimento e comportamento reprodutivos (MARINHO, 2016).

### **3.4 Aquecimento indireto nas colunas de destilação e retificação**

Um dos métodos utilizados por algumas usinas para reduzir a produção de vinhaça é a instalação de aquecedores indiretos nas colunas de destilação e retificação. O aquecimento indireto substitui o sistema de borbotagem, permitindo o aquecimento da coluna de destilação sem que ocorra o contato direto do vapor de processo com o vinho, obtendo-se uma redução do volume de vinhaça por não haver condensação deste vapor dentro da coluna. Estima-se que esta medida reduza a produção de 2,5 a 5,0 litros de vinhaça por litro de etanol (SALOMON, 2007, p.07).

### **3.5 Produção de biodiesel**

Existem estudos no país, desenvolvidos pela Embrapa Agroenergia para a utilização do vinhoto na produção de biodiesel com microalgas, pelo fato de ser rico em nutrientes essenciais para as microalgas. Teria seu papel no cultivo dessas

microalgas que produzem óleo para a produção de biodiesel, e biomassa residual que pode ser matéria-prima para geração de biogás e etanol (CHIES, 2013).

Essas microalgas são organismos encontrados por todo o planeta em corpos tanto de água salgada como doce, e seu cultivo é realizado em tanques. O cultivo das microalgas é altamente produtivo se comparada com outras matérias-primas para a produção de biodiesel (CHIES, 2013).

A área necessária para produzir soja para substituir o consumo de petróleo dos Estados Unidos por óleo de soja seria três vezes maior que o território da América do Norte, enquanto o cultivo de microalgas para suprir a mesma demanda seria de menos de 4% da área do território dos Estados Unidos (CHIES, 2013).

A utilização das microalgas na produção de biodiesel ainda está em seu estágio de pesquisa, pois com a tecnologia disponível atualmente os custos para a produção são muito caros tornando inviável seu uso neste setor no presente. Contudo, as pesquisas continuam e várias microalgas da biodiversidade brasileira estão sendo testadas (CHIES, 2013).

## **4. MÉTODO**

O método utilizado para a realização deste trabalho foi o estudo de caso, que é uma estratégia de investigação empírica com o objetivo de compreender um fenômeno contemporâneo (YIN, 2001).

Através de uma análise dos conteúdos referentes ao tema, assim como a consulta de bases de dados para que o referencial teórico encontrado possa ser destinado a região de estudo, levando a uma interpretação própria e a proximidade do aluno com o conteúdo por meio de uma pesquisa-ação sistêmica fundamentada na investigação e propostas de intervenção para o aprimoramento da prática.

### **4.1 Local de estudo**

O estudo foi desenvolvido na região de Rio Brilhante, que engloba mais dois municípios vizinhos do estado do Mato Grosso do Sul, Maracaju e Nova Alvorada do Sul.

### **4.2 Coleta de dados**

Os dados foram coletados em pesquisa bibliográfica, assim como visitas nas usinas pertencentes a região determinada, para observação e conhecimento do setor. Os dados que serviram de base para as estimativas foram adquiridos de informativos disponíveis online pelas empresas que fazem parte da região estudada.

### **4.3 Análise dos dados**

A análise dos dados coletados foi feita realizando-se a leitura de todo o material e dados obtidos, os compilando de acordo com as necessidades da região em estudo, possibilitando o cálculo de estimativas e a proposta de benefícios da utilização das informações coletadas na região de estudo.

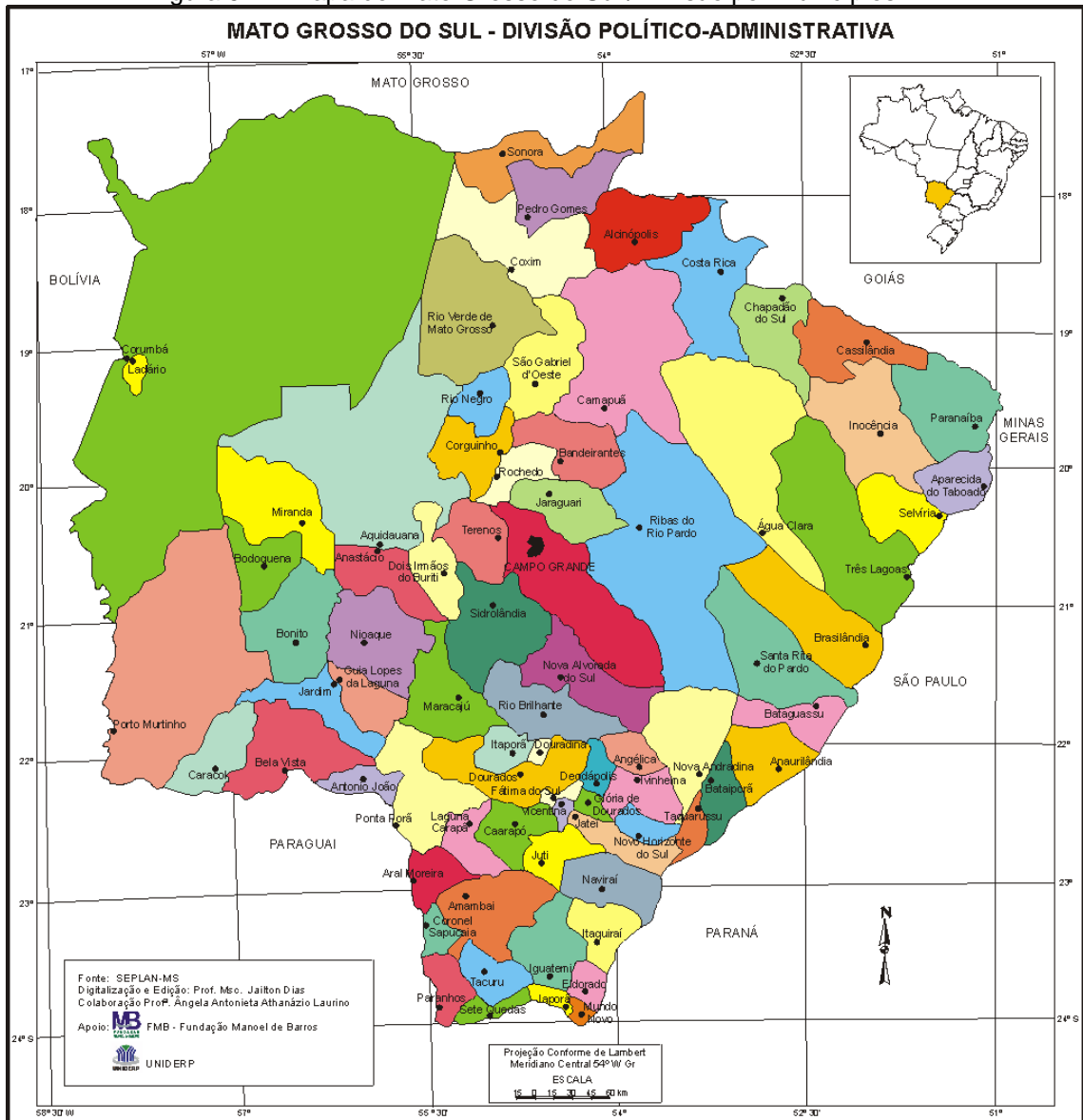


## 5. RESULTADOS

### 5.1. Caracterização das indústrias na região de Rio Brilhante - MS

Neste trabalho foi delimitado para estudo as usinas pertencentes a região de Rio Brilhante/MS, também as usinas localizadas nos municípios vizinhos Maracaju e Nova Alvorada do Sul, pois o município de Rio Brilhante está localizado entre os dois municípios (Figura 5.1), contém o maior número de unidades em seu território e pelo fato de que algumas das outras usinas possuírem parte de suas áreas agrícolas no município de Rio Brilhante.

Figura 5.1 – Mapa do Mato Grosso do Sul / Divisão por municípios



Fonte: IssoéMS (2018)

## 5.1.1 Usinas localizadas no Mato Grosso do Sul

As Usinas localizadas no Estado de Mato Grosso do Sul processaram na safra 2016/2017 50,27 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. De acordo com a Associação dos Produtores de Bioenergia de MS (Biosul) ocorreu um incremento de 3,1% em comparação com as 48,72 milhões de toneladas da safra 2015/2016 (BIOSUL, 2017).

Quadro 5.1 - Lista das usinas em operação em 2017 localizadas no MS.

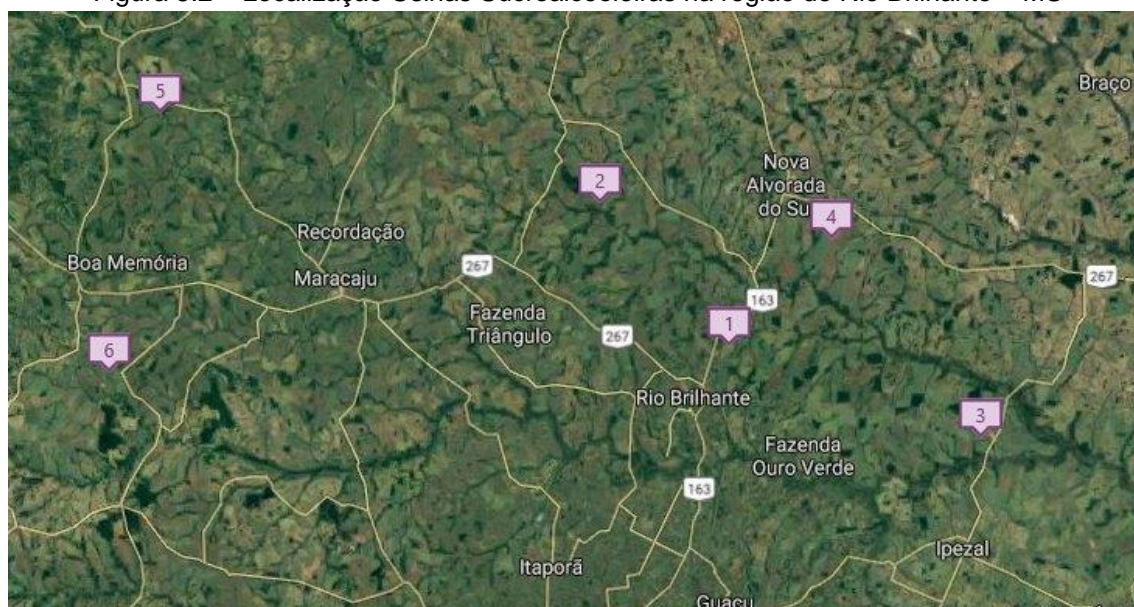
	Descrição	Localização	Proprietários
01	Usina Aurora	Anaurilandia	AURORA
02	Usina Angélica	Angélica	ADECOAGRO
03	Alcoavale	Aparecida do Taboado	ALCOALCO
04	Usina Laguna	Batayporã	USINA LAGUNA
05	Unidade Brasilândia	Brasilândia	CBAA
06	Unidade Caarapó	Caarapó	RAÍZEN
07	Usina Iaco Agrícola	Chapadão do Sul	IACO AGRÍCOLA
08	Unidade Costa Rica	Costa Rica	ODEBRECHT
09	Unidade São Fernando	Dourados	SÃO FERNANDO
10	Usina Fátima do Sul	Fátima do Sul	AGROENERGÉTICA
11	Usina Dcoil	Iguatemi	DCOIL
12	Adecoagro	Ivinhema	ADECOAGRO
13	Unidade Vista Alegre	Maracaju	TONON
14	Unidade Maracaju	Maracaju	BIOSEV
15	Unidade Usinavi	Naviraí	INFINITY
16	Unidade Santa Luzia	Nova Alvorada do Sul	ODEBRECHT
17	Unidade Santa Helena	Nova Andradina	SANTA HELENA
18	Unidade Monteverde	Ponta Porã	BUNGE
19	Unidade Rio Brilhante	Rio Brilhante	BIOSEV
20	Unidade Passa Tempo	Rio Brilhante	BIOSEV
21	Unidade Eldorado	Rio Brilhante	ODEBRECHT
22	Unidade Sidrolândia	Sidrolândia	CBAA
23	Usina Sonora	Sonora	USINA SONORA
24	Unidade Vicentina	Vicentina	CENTRAL ENERGÉTICA

Fonte: Autor

### 5.1.2 Mapeamento das usinas localizadas na região de Rio Brilhante – MS

Como demonstrado na figura 5.2, foram determinadas 6 usinas sucroalcooleiras como pertencentes a região de Rio Brilhante e as mesmas não estão localizadas somente no município de Rio Brilhante, como citado anteriormente e demonstrado na tabela 5.1. Por não possuir a autorização das empresas de utilizar seus nomes, as unidades foram numeradas de 1 a 6.

Figura 5.2 – Localização Usinas Sucroalcooleiras na região de Rio Brilhante – MS



Fonte: Google Maps (2018)

Tabela 5.1 – Localidades das unidades industriais estudadas

UNIDADE INDUSTRIAL	MUNICÍPIO
1	Rio Brilhante
2	Rio Brilhante
3	Rio Brilhante
4	Nova Alvorada do Sul
5	Maracaju
6	Maracaju

Fonte: autor

### 5.2 O vinhoto na região de Rio Brilhante – MS

De acordo com dados obtidos das usinas situadas na região (tabela 5.2), esse grupo de usinas tem uma capacidade aproximada de produção de 815.100 m<sup>3</sup> de álcool.

Tabela 5.2 – Quantidade de etanol produzido por unidade de acordo com suas capacidades de produção

<b>UNIDADE INDUSTRIAL</b>	<b>QUANTIDADE (m<sup>3</sup>)</b>
1	80.000
2	66.200
3	150.100
4	376.800
5	46.000
6	96.000
<b>TOTAL</b>	<b>815.100</b>

Fontes: Biosev (2018), Odebrecht (2018) e Tonon Bioenergia (2018)

Não existem dados oficiais sobre a produção de vinhaça no Mato Grosso do Sul. Sendo assim, foi levado em consideração que essas empresas geram por litro de álcool entre 12 e 18 litros de vinhaça, como citado no referencial teórico (ALCARDE, 2014). Foi possível se estimar a quantidade média de vinhaça produzida por essas indústrias multiplicando esses valores pela capacidade de produção de etanol de cada. Em conjunto elas produzem uma quantidade média de aproximadamente 12,3 milhões de metros cúbicos de vinhoto, demonstrado na tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Capacidade estimada de vinhoto produzido por unidade durante o período de uma safra

<b>UNIDADE INDUSTRIAL</b>	<b>ESTIMATIVA PARA 12 LITROS (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ESTIMATIVA PARA 18 LITROS (m<sup>3</sup>)</b>	<b>MÉDIA (m<sup>3</sup>)</b>
1	960.000	1.440.000	1.200.000
2	794.400	1.191.600	993.000
3	1.801.200	2.701.800	2.251.500
4	4.521.600	6.782.400	5.652.000
5	552.000	828.000	690.000
6	1.152.000	1.728.000	1.440.000
<b>TOTAL</b>	<b>9.781.200</b>	<b>14.671.800</b>	<b>12.226.500</b>

Fonte: Autor

A tabela 5.4 demonstra a mesma estimativa considerando a vinhaça estimada para cada município pertencente a região estudada. Demonstra-se que o município de Nova Alvorada do Sul é o maior produtor de vinhaça da região.

Tabela 5.4 – Quantidade de vinhoto produzido dividido pelos municípios

<b>MUNICÍPIO</b>	<b>ESTIMATIVA PARA 12 LITROS (m<sup>3</sup>)</b>	<b>ESTIMATIVA PARA 18 LITROS (m<sup>3</sup>)</b>	<b>MÉDIA (m<sup>3</sup>)</b>
Rio Brilhante (1,2 e 3)	3.555.600	5.333.400	4.444.500
Nova Alvorada do Sul (4)	4.521.600	6.782.400	5.652.000
Maracaju (5 e 6)	1.704.000	2.556.000	2.130.000
<b>TOTAL</b>	<b>9.781.200</b>	<b>14.671.800</b>	<b>12.226.500</b>

Fonte: autor

### 5.2.1 Aproveitamentos do vinhoto na região de Rio Brilhante

O aproveitamento do vinhoto na região assim como no resto do país é realizado através da fertirrigação por aspersão (CASADEI, 2014). Já existem indústrias no país que aplicam a vinhaça em 70% de suas áreas agrícolas, porém na maioria são valores muito menores não chegando a 20% (NOVACANA, 2013).

A tabela 5.5 demonstra a área agrícola de cana-de-açúcar estimada pelo IBGE para os municípios analisados.

Tabela 5.5 – Área agrícola de cana-de-açúcar dos municípios que compõe a região

<b>MUNICÍPIO</b>	<b>Área agrícola (hectares)</b>
Rio Brilhante	82.488
Maracaju	33.266
Nova Alvorada do Sul	79.881
<b>TOTAL</b>	<b>195.635</b>

Fonte: IBGE (2014).

Com a obtenção desses dados foi realizada a estimativa da área que a quantidade de vinhoto produzida em cada município da região teria a capacidade de fertirrigar através da fertirrigação por aspersão, levando em consideração a capacidade total de vinhaça produzida pelas indústrias, e que a área agrícola dos municípios que compõe a região não teve grande mudança desde o ano de 2014. A taxa ideal de aplicação utilizada na estimativa foi a obtida nos referenciais teóricos, que é de 100 a 300 m<sup>3</sup> de vinhoto por hectare (ELIA NETO, 2016a). Os dados estão expostos na tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Estimativa da capacidade de fertirrigação de cada município da região.

MUNICÍPIOS	MÉDIA DE VINHAÇA PRODUZIDA (m <sup>3</sup> )	ESTIMATIVA PARA APLICAÇÃO 100 m <sup>3</sup> (ha)	ESTIMATIVA PARA APLICAÇÃO 300 m <sup>3</sup> (há)	MÉDIA (ha)	% DA ÁREA AGRÍCOLA
Rio Brilhante	4.444.500	44.445	14.815	29.630	36%
Nova Alvorada do Sul	5.652.000	56.520	18.840	37.680	47%
Maracaju	2.130.000	21.300	7.100	14.200	43%
<b>TOTAL</b>	<b>12.226.500</b>	<b>122.265</b>	<b>40.755</b>	<b>81.510</b>	<b>42%</b>

Fonte: autor

Nota-se que a quantidade de vinhaça produzida pelos municípios não supriria 100% da sua área agrícola. Considerando a produção e área agrícola total da região, percebeu-se que o vinhoto produzido na região, em média, teria a capacidade de fertirrigar aproximadamente 42% da área agrícola total.

Como citado anteriormente, existem indústrias no país que fertirrigam até 70% de suas áreas, mas na maioria são porcentagens bem menores não chegando a 20%, muito dessa diferença devido aos custos logísticos vinculados a fertirrigação em que a maioria das empresas tem canais distribuídos até um raio de 15 km do setor industrial (NOVACANA, 2013).

Tomando como base que cada usina localizada na região aplique vinhaça em 20% de sua área agrícola, foi feita uma estimativa da quantidade ideal de vinhoto a ser destinado à aplicação nas lavouras durante a safra.

Tabela 5.7 – Estimativa de quantidade ideal aplicada a 20% da área agrícola da região.

MUNICÍPIOS	20% DA ÁREA AGRÍCOLA (ha)	ESTIMATIVA PARA APLICAÇÃO 100 m <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	ESTIMATIVA PARA APLICAÇÃO 300 m <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> )	MÉDIA (m <sup>3</sup> )
<b>Rio Brilhante</b>	16.498	1.649.760	4.949.280	3.299.520
<b>Nova Alvorada do Sul</b>	15.976	1.597.620	4.792.860	3.195.240
<b>Maracaju</b>	6.653	665.320	1.995.960	1.330.640
<b>TOTAL</b>	<b>39.127</b>	<b>3.912.700</b>	<b>11.738.100</b>	<b>7.825.400</b>

Fonte: autor

Conhecendo a média estimada da quantidade ideal de vinhaça aplicada a 20% da área agrícola, um valor aproximado de 7,9 milhões de metros cúbicos, foi

possível calcular o excesso de produção de vinhaça na região, demonstrado na tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Estimativa do excesso de vinhoto gerado na região para 20% da área agrícola fertirrigada.

MUNICÍPIOS	MÉDIA DE VINHAÇA PRODUZIDA (m <sup>3</sup> )	MEDIA DE APLICAÇÃO PARA 20% (m <sup>3</sup> )	EXCESSO DE PRODUTIVIDADE (m <sup>3</sup> )	% DA QUANTIDADE PRODUZIDA (m <sup>3</sup> )
<b>Rio Brilhante</b>	4.444.500	3.299.520	1.144.980	26%
<b>Nova Alvorada do Sul</b>	5.652.000	3.195.240	2.456.760	43%
<b>Maracaju</b>	2.130.000	1.330.640	799.360	38%
<b>TOTAL</b>	<b>12.226.500</b>	<b>7.825.400</b>	<b>4.401.100</b>	<b>36%</b>

Fonte: Autor.

Chegou-se, então, a uma quantidade estimada de 4.401.100 m<sup>3</sup> de vinhaça produzida em excesso, cerca de 36% da quantidade total produzida. Não possuindo outro destino, esta quantidade geralmente é aplicada nas lavouras de cana de açúcar, agravando assim os danos ambientais causados por esse tipo de utilização do vinhoto.

### 5.2.2 Danos ambientais apresentados no aproveitamento do vinhoto na região

O vinhoto é um efluente rico em sólidos orgânicos e minerais com uma alta demanda tanto química como bioquímica, fatores que o leva a possuir um grande potencial poluidor. Também possui caráter de poluente químico devido a seu baixo pH e a alta temperatura em sua produção, o levando a ter um elevado efeito corrosivo (PENHABEL, 2013).

Seu grande potencial poluidor leva o vinhoto a ter diversos impactos negativos sobre o meio ambiente. Dentre eles estão: a proliferação de insetos, odores objetáveis, saturação do solo e a contaminação de águas subterrâneas e superficiais (ELIA NETO, 2016b).

#### 5.2.2.1 Proliferação de insetos

A aplicação do vinhoto no solo, se não realizado corretamente, torna-se um ambiente propício a proliferação de insetos. O inseto que vem causando mais problemas é a mosca dos estábulos (*Stomoxys calcitrans*), uma praga que, como o nome sugere, se desenvolveu em estábulos, principalmente em confinamentos de

gado, resultado do acúmulo de material orgânico em decomposição (ELIA NETO, 2016 a).

A vinhaça, por ser rica em materiais orgânicos e minerais, tornou-se também um fator que leva a proliferação destas moscas. O acúmulo da vinhaça durante sua aplicação ou em canais de transporte com falta de manutenção, juntamente com a palha da cana em decomposição, criam um ambiente muito propício a infestação desta praga, levando os animais que estão em áreas próximas dos ambientes de proliferação à serem atacados (ELIA NETO, 2016a).

Segundo a EMBRAPA (2012), “Desde 2008 já ocorreram mais de cinco surtos de moscas dos estábulos no estado, sempre relacionadas com o início das atividades das usinas ou com a aplicação da vinhaça”.

Essa mosca se distribui mundialmente e é transmissora de diversas doenças em animais. Ambos os machos e fêmeas se alimentam de sangue e sua picada é muito dolorosa, fator que prejudica muito o setor agropecuário financeiramente (MELDAU). Além das doenças que essa mosca transmite aos animais, outro fator que a torna prejudicial ao setor agropecuário é o fato de suas picadas serem dolorosas. Sendo assim, os animais que estão sob ataque desses insetos não conseguem se alimentar devido as constantes picadas que sofrem. A produção de leite e a fertilidade dos animais atingidos pela praga também são problemas resultantes da proliferação destes insetos (WADT).

Figura 5.3 – Ilustração demonstrando ataque de moscas de estabulo em animais



Fonte: Comitiva (2014)



### 5.2.2.2 Odores

O mal odor do vinhoto é resultado do processo de produção do etanol, no qual o vinhoto é resíduo, em que a levedura utilizada na fermentação, mesmo após a centrifugação, ainda permanece como resíduo no vinho, e se junta ao vinhoto na coluna de destilação. A matéria orgânica presente no vinhoto também é fonte do odor específico que a vinhaça possui (MARTINS, 2015).

Em dias de calor forte, e dependendo da velocidade e sentido dos ventos, tanto o odor da vinhaça armazenada nas indústrias como o da vinhaça em processo de aplicação podem chegar aos centros urbanos, causando desconforto à população (MARTINS, 2015).

### 5.2.2.3 Saturação do solo

A irrigação dos solos não pode ser realizada sem controle e análises. O teor de sódio em relação ao cálcio e magnésio, se for muito elevado nos resíduos e águas a serem aplicados, os torna impróprios à aplicação. No caso de uma aplicação sem análise prévia, onde a dosagem de vinhoto não é regulada e é aplicada sem critérios, pode resultar em um desequilíbrio de nutrientes, com a possibilidade de serem lixiviados, deve ser levado em consideração que a dosagem depende do tipo de solo no qual receberá a aplicação (ELIA NETO, 2016a).

“A lixiviação do solo é um processo erosivo ocasionado pela lavagem da camada superficial do solo e pelo escoamento das águas superficiais” (RIBEIRO, a). Conforme o solo vai sendo lixiviado vai se aproximando da rocha matriz, o que pode encharcar o terreno em caso de chuvas intensas e prejudicar a cultura em períodos secos devido à baixa capacidade de armazenar água (RIBEIRO, a).

Todo esse processo é um fator que leva ao desperdício de adubo, possíveis riscos de poluição e saturação do solo. O escoamento das águas superficiais pela lixiviação não causa danos somente ao solo, mas também as águas subterrâneas por carregar elementos poluentes. (ELIA NETO, 2016a).

A salinização do solo, decorrente do acúmulo de sais minerais devido a evaporação da água presente no solo, é outra consequência da aplicação sem critérios, podendo ocorrer no caso de uma aplicação exagerada, acima de 400 m<sup>3</sup>/ha, onde a produtividade e qualidade da cana cultivada no local pode reduzir. (NOVA CANA, 2013).

No passado existiam as áreas de sacrifício de vinhaça, que são um exemplo do processo de saturação e lixiviação do solo. Tinham, como objetivo, sanar o problema de poluição de águas superficiais onde o vinhoto era depositado sobre o solo, para que ocorresse sua infiltração no solo e evaporação (SEMADE, 2015). Essas áreas se tornavam totalmente inutilizáveis para qualquer outra finalidade, levando a esse sistema ser extinto (PENHABEL, 2013). Atualmente, os processos de lixiviação e salinização ocorrem somente em áreas de aplicação excessiva de vinhaça, risco para a região devido ao excesso de vinhoto produzido.

Figura 5.4 – Ilustração que representa o excesso de aplicação de vinhaça

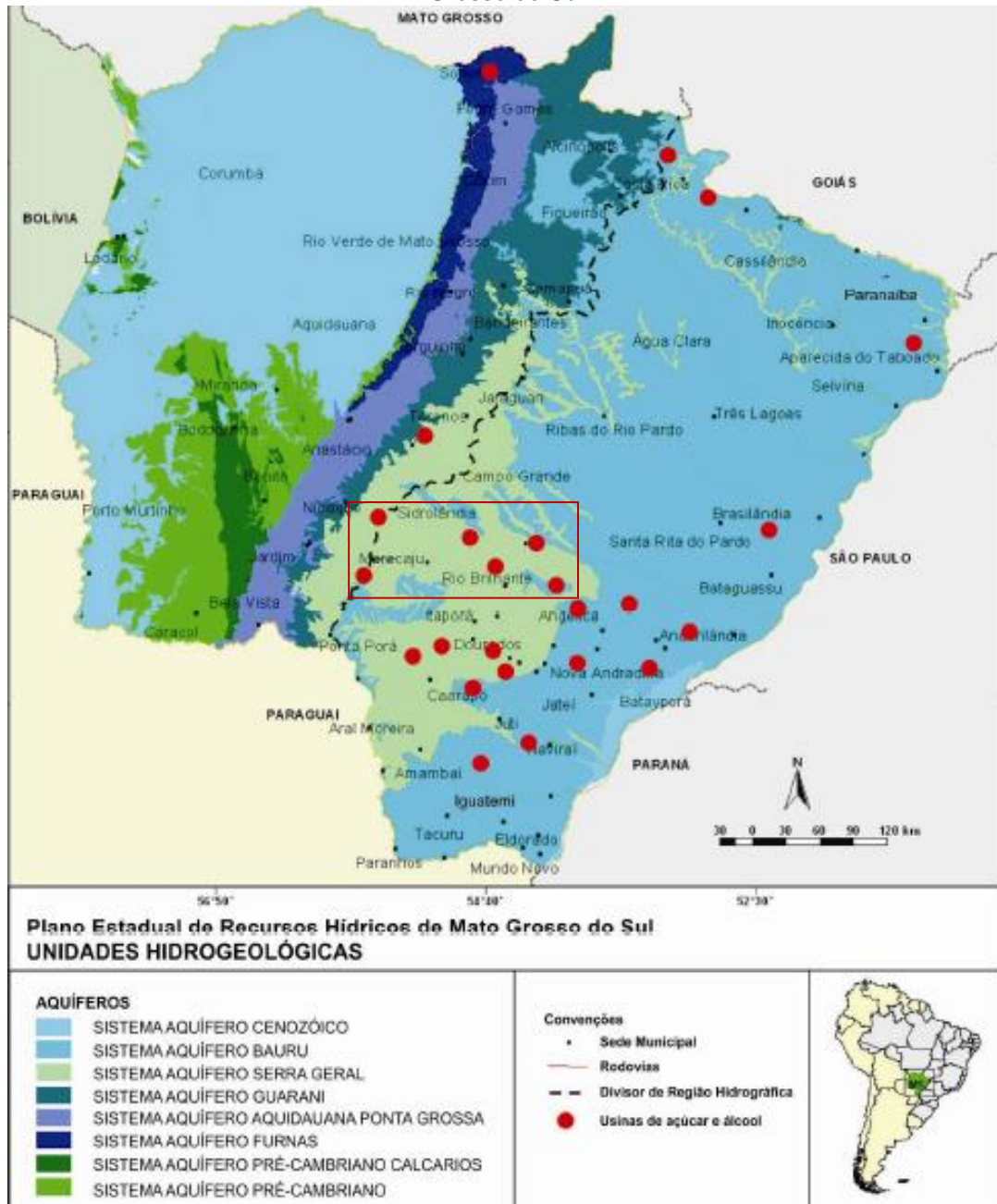


Fonte: Compre Rural (2016)

#### 5.2.2.4 Contaminação das águas subterrâneas no MS

As usinas implantadas no estado do Mato Grosso do Sul estão, em sua maioria, distribuídas na porção sul do estado, dispostas em grande parte sobre os Sistemas Aquíferos Serra Geral e Bauru (CASADEI, 2014), como pode ser observado na figura 5.5. Esses aquíferos estão sujeitos à contaminação resultante da aplicação excessiva de vinhoto nas lavouras, assim como o transporte e armazenagem incorretos do vinhoto, que podem chegar até eles através da lixiviação do solo. Tal fato torna o solo altamente permeável, facilitando que os elementos poluentes que a vinhaça tem concentrações altas desçam aos lençóis freáticos.

Figura 5.5 – Localização das usinas sucroalcooleiras sobre os domínios hidrogeológicos do Mato Grosso do Sul



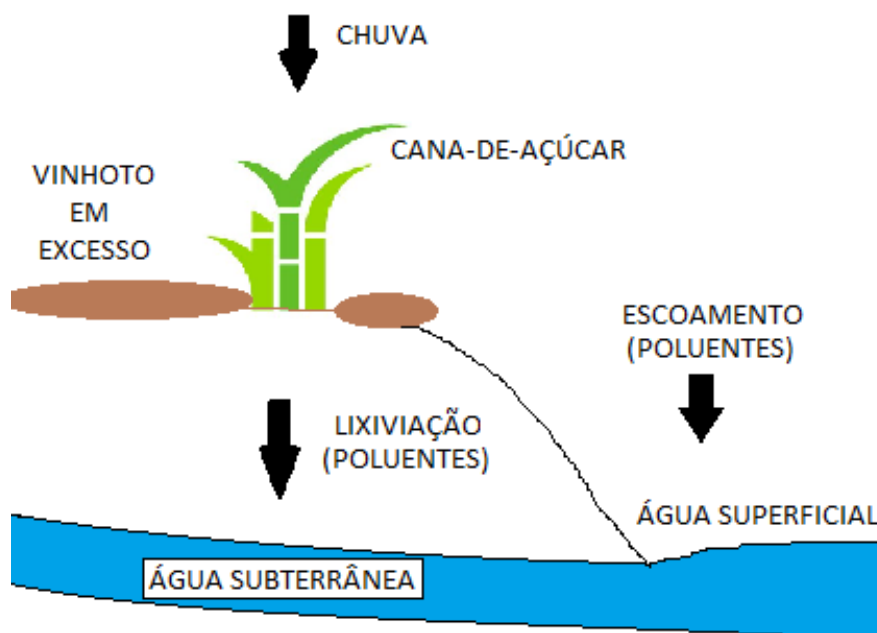
Fonte: SEMAC (2010) (modificado por Autor; Casadei, 2014)

#### 5.2.2.5 Poluição de águas superficiais

Segundo Ribeiro (2007b), “A vinhaça ou vinhoto possui altas concentrações de potássio, cloreto, nitrogênio total, cálcio, sulfato, fósforo total, concentração significativa de alguns metais e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) elevada...”. Esses fatores podem causar diversos danos aos cursos de água superficiais no caso da dispersão do vinhoto sobre eles. Os canais de transporte e tanques de armazenagem devem ter seus níveis controlados constantemente para que, no caso

de enxurradas, a vinhaça que contenham não seja levada aos cursos d'água próximos. A aplicação excessiva que provoca o acúmulo de vinhoto sobre o solo é outro risco às águas superficiais, no caso de chuvas intensas com capacidade de escoar o resíduo (RIBEIRO, 2007b).

Figura 5.6 – Ilustração representando a contaminação de águas superficiais e subterrâneas pela aplicação excessiva de vinhoto



Fonte: Autor.

### 5.3 Benefícios da utilização das novas tecnologias na região de Rio Brilhante – MS

A adoção das novas tecnologias citadas anteriormente no uso da vinhaça produzida na região de Rio Brilhante pode trazer diversos benefícios econômicos às empresas localizadas na região, assim como diminuir os riscos ambientais consequentes da produção de etanol que gera o vinhoto. Alguns desses benefícios estão dispostos nesta etapa do estudo.

#### 5.3.1 Geração de energia

Além dos nutrientes que possui, a vinhaça também contém compostos orgânicos, como ácidos orgânicos por exemplo. Esses compostos orgânicos podem ser convertidos em biogás pela ação de bactérias anaeróbias, tornando-se uma fonte de energia renovável (CRUZ, 2016b).

A utilização do vinhoto como energia renovável traz a possibilidade de retorno econômico para as destilarias, além de tornar a produção de etanol mais sustentável ao meio ambiente (CRUZ, 2016b).

O biogás pode ser transformado em energia térmica para ser utilizado nas caldeiras, substituindo o bagaço, através de motores estacionários. Pode ser utilizado para a geração de energia elétrica, também existindo a possibilidade de substituir o diesel em frotas de tratores e caminhões movidos a biometano (CRUZ, 2016b).

Através dos dados obtidos que 1 metro cúbico de vinhaça pode produzir entre 7 e 15 Sm<sup>3</sup> de biogás, essa quantia resultaria em uma produção de energia elétrica entre 17 e 37 kW e de energia térmica entre 37 e 78 kW (CRUZ, 2016b). Foi estimado a quantidade que o excesso de produção de vinhoto dos municípios da região poderia resultar, no caso da sua utilização na produção de biogás, também estimando a produção de energia elétrica e térmica para as mesmas quantias de vinhaça. Tais estimativas estão demonstradas nas tabelas 5.9, 5.10 e 5.11.

Tabela 5.9 – Estimativa de produção de biogás pelo excesso de vinhoto produzido nos municípios da região

MUNICÍPIO	ESTIMATIVA MÉDIA DO EXCESSO DE VINHOTO PRODUZIDO (m <sup>3</sup> )	ESTIMATIVA PARA A PRODUÇÃO DE 7 Nm <sup>3</sup> POR m <sup>3</sup> DE VINHOTO (Sm <sup>3</sup> )	ESTIMATIVA PARA A PRODUÇÃO DE 15 Nm <sup>3</sup> POR m <sup>3</sup> DE VINHOTO (Sm <sup>3</sup> )	MÉDIA (Sm <sup>3</sup> )
Rio Brilhante	1.144.980	8.014.860	17.174.700	12.594.780
Nova Alvorada do	2.456.760	17.197.320	36.851.400	27.024.360
Maracaju	799.360	5.595.520	11.990.400	8.792.960
<b>TOTAL</b>	<b>4.401.100</b>	<b>30.807.700</b>	<b>66.016.500</b>	<b>48.412.100</b>

Fonte: Autor

Tabela 5.10 – Estimativa de produção de energia térmica pelo excesso de vinhoto produzido nos municípios da região

MUNICÍPIO	ESTIMATIVA MÉDIA DO EXCESSO DE VINHOTO PRODUZIDO (m <sup>3</sup> )	ESTIMATIVA PARA A PRODUÇÃO DE 37 kW POR m <sup>3</sup> DE VINHOTO (kW)	ESTIMATIVA PARA A PRODUÇÃO DE 78 kW POR m <sup>3</sup> DE VINHOTO (kW)	MÉDIA (kW)
Rio Brilhante	1.144.980	42.364.260	89.308.440	65.836.350
Nova Alvorada do	2.456.760	90.900.120	191.627.280	141.263.700
Maracaju	799.360	29.576.320	62.350.080	45.963.200
<b>TOTAL</b>	<b>4.401.100</b>	<b>162.840.700</b>	<b>343.285.800</b>	<b>253.063.250</b>

Fonte: Autor

Tabela 5.11 – Estimativa de produção de energia elétrica pelo excesso de vinhoto produzido nos municípios da região

MUNICÍPIO	ESTIMATIVA MÉDIA DO EXCESSO DE VINHOTO PRODUZIDO (m <sup>3</sup> )	ESTIMATIVA PARA A PRODUÇÃO DE 17 kW POR m <sup>3</sup> DE VINHOTO (kW)	ESTIMATIVA PARA A PRODUÇÃO DE 37 kW POR m <sup>3</sup> DE VINHOTO (kW)	MÉDIA (kW)
Rio Brilhante	1.144.980	19.464.660	42.364.260	30.914.460
Nova Alvorada do	2.456.760	41.764.920	90.900.120	66.332.520
Maracaju	799.360	13.589.120	29.576.320	21.582.720
<b>TOTAL</b>	<b>4.401.100</b>	<b>74.818.700</b>	<b>162.840.700</b>	<b>118.829.700</b>

Fonte: Autor

Com a mesma analogia realizada por NETO (2016), estimou-se que essa quantidade de vinhaça pode produzir energia elétrica para aproximadamente 33.000 residências médias no período de um mês. Considera-se o consumo de um mês para uma residência média brasileira de aproximadamente 150 kWh.

Este processo, juntando-se ao fluxo de processos da empresa resulta em uma menor necessidade de armazenagem da vinhaça, e uma grande diminuição dos riscos ambientais relacionados ao vinhoto. O aproveitamento da vinhaça para a geração de energia, energia térmica e o uso do biogás tratado (gás de cozinha, combustível) são opções que levam a um retorno financeiro para um produto que gera diversos gastos e riscos à empresa.

### 5.3.2 Concentração da vinhaça

Considerando como base que a concentração da vinhaça reduz em aproximadamente 86% o volume da vinhaça produzida como no caso da usina Rio Pardo – SP, com esse valor de redução foi possível estimar a quantidade de vinhoto concentrado que resultaria da produção estimada de vinhoto na região durante o período de uma safra, representado na tabela 5.12.

Tabela 5.12 – Estimativa de redução da quantidade de vinhoto produzido pelos municípios na região

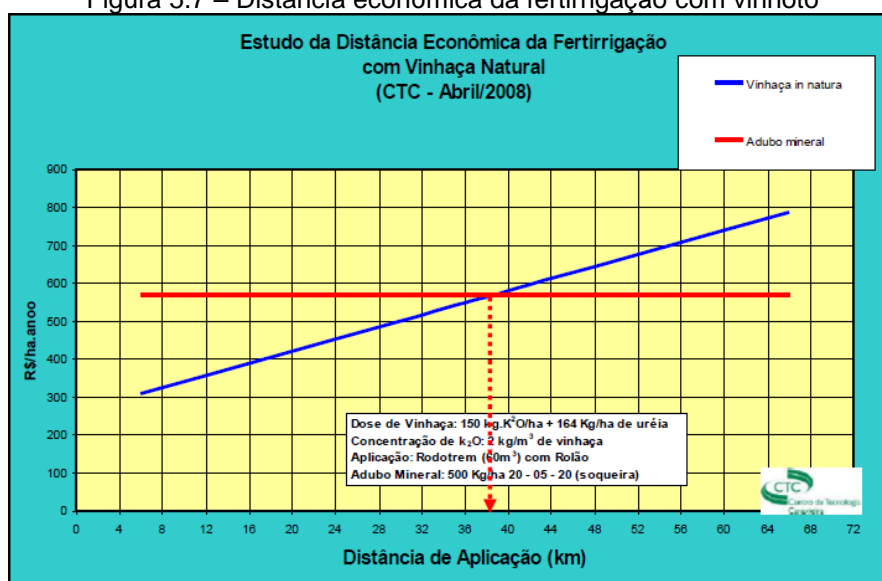
MUNICÍPIO	ESTIMATIVA MÉDIA DE VINHOTO PRODUZIDO (m <sup>3</sup> )	REDUÇÃO DE 86% DO VOLUME PRODUZIDO (m <sup>3</sup> )
Rio Brilhante	4.444.500	622.230
Nova Alvorada do Sul	5.652.000	791.280
Maracaju	2.130.000	298.200
<b>TOTAL</b>	<b>12.226.500</b>	<b>1.711.710</b>

Fonte: autor

Segundo ELIA NETO (2016a), a concentração da vinhaça tem como benefícios, (a) a produção de um adubo orgânico com melhor manejo se aproximando do adubo mineral, (b) a produção de condensado natural que pode ser reutilizado no processo no caso da concentração por evaporação e (c) a produção de água em nível de potabilidade no caso da concentração por osmose reversa, fator que diminuiria a necessidade de se captar água dos recursos hídricos (ELIA NETO, 2016a).

Outro benefício da aplicação dessa tecnologia nas indústrias seria a viabilização da aplicação do vinhoto como adubo orgânico em regiões mais afastadas, otimizando o seu transporte e distribuição. A comparação do custo da fertirrigação com o custo da utilização do adubo mineral, demonstra que existe um limite na distância que a fertirrigação se torna viável economicamente, uma distância de aproximadamente 35 km da indústria como demonstrado na figura 5.7, evidenciando como a concentração do vinhoto é benéfica as indústrias (ELIA NETO, 2016b).

Figura 5.7 – Distância econômica da fertirrigação com vinhoto



Fonte: Elia neto (2016a)

Os benefícios econômicos da vinhaça concentrada não se limitam somente a adubação orgânica, podendo ser utilizada na pecuária servindo de complemento em rações animais.

Os fatores econômicos são bastante expressivos na utilização desta tecnologia, porém são os benefícios ambientais que mais chamam atenção nessa tecnologia levando-se em consideração a região. A concentração do vinhoto diminui

drasticamente o potencial poluidor deste resíduo, viabilizando sua aplicação com maior segurança desde a armazenagem, reduzindo ou sanando problemas como o acúmulo de vinhaça nas lavouras, os odores objetáveis e a contaminação dos lençóis freáticos (ELIA NETO, 2016a)

### 5.3.3 Pecuária (ração animal)

A pecuária é um dos setores com maior contribuição na economia do Mato Grosso do Sul, de acordo com dados disponibilizados pela FAMASUL (Federação da Agricultura e Pecuária de MS). No primeiro mês de 2018 a produção do complexo de carnes teve aumento, se comparado ao mesmo período do ano de 2017. A produção de carne bovina foi de aproximadamente 73,2 mil toneladas, de carne suína 15,2 mil toneladas e de carne de frango 35,1 mil toneladas (FAMASUL, 2018). Esses dados demonstram que existe uma alta demanda na criação desses animais para suprir a produção mensal.

O uso da vinhaça concentrada nas rações animais pode contribuir para que o setor de criação consiga suprir a demanda de animais para a produção de carne. Fazendo parte da ração utilizada na engorda desses animais, reduz-se custos de produção das rações e auxilia-se na diminuição da quantidade de vinhoto armazenada nas indústrias.

### 5.3.4 Aquecimento indireto nas colunas de destilação e retificação

De acordo com Salomon (2007), essa tecnologia resulta na diminuição da produção de vinhaça por litro de etanol, reduzindo sua produção em torno de 2,5 a 5,0 litros por litro de etanol produzido. Sendo assim, nas tabelas 5.13 e 5.14 estão demonstradas a estimativa da quantidade de vinhaça produzida por cada empresa no caso da utilização do aquecimento indireto, além de demonstrar a redução na produção com relação a quantidade de vinhaça produzida durante o período de uma safra pelas empresas.



Tabela 5.13 – Estimativa da quantidade de vinhaça produzida na utilização do aquecimento indireto na redução de 2,5 litros/litro de etanol produzido

UNIDADE INDUSTRIAL	MÉDIA DE VINHOTO PRODUZIDO ATUALMENTE (m <sup>3</sup> )	ESTIMATIVA PRODUÇÃO DE 9,5 LITROS DE VINHOTO (m <sup>3</sup> )	ESTIMATIVA PRODUÇÃO DE 15,5 LITROS DE VINHOTO (m <sup>3</sup> )	REDUÇÃO MÉDIA (m <sup>3</sup> )
1	1.200.000	760.000	1.240.000	1.000.000
2	993.000	628.900	1.026.100	827.500
3	2.251.500	1.425.950	2.326.550	1.876.250
4	5.652.000	3.579.600	5.840.400	4.710.000
5	690.000	437.000	713.000	575.000
6	1.440.000	912.000	1.488.000	1.200.000
<b>TOTAL</b>	<b>12.226.500</b>	<b>7.743.450</b>	<b>12.634.050</b>	<b>10.188.750</b>

Fonte: Autor

No caso de uma redução de 2,5 litros de vinhoto por litro de etanol produzidos, resultaria em uma diminuição média de 17% da produção de vinhaça estimada, um valor de 2.037.750 de metros cúbicos a menos de vinhoto.

Tabela 5.14 – Estimativa da quantidade de vinhaça produzida na utilização do aquecimento indireto na redução de 5,0 litros/litro de etanol produzido

UNIDADE INDUSTRIAL	MÉDIA DE VINHOTO PRODUZIDO ATUALMENTE (m <sup>3</sup> )	ESTIMATIVA PRODUÇÃO DE 7 LITROS DE VINHOTO (m <sup>3</sup> )	ESTIMATIVA PRODUÇÃO DE 13 LITROS DE VINHOTO (m <sup>3</sup> )	REDUÇÃO MÉDIA (m <sup>3</sup> )
1	1.200.000	560.000	1.040.000	800.000
2	993.000	463.400	860.600	662.000
3	2.251.500	1050.700	1.951.300	1.501.000
4	5.652.000	2637.600	4.898.400	3.768.000
5	690.000	322.000	598.000	460.000
6	1.440.000	672.000	1.248.000	960.000
<b>TOTAL</b>	<b>12.226.500</b>	<b>5.705.700</b>	<b>10.596.300</b>	<b>8.151.000</b>

Fonte: Autor

Em uma redução de 5,0 litros de vinhoto por litro de etanol produzidos, resultaria em uma diminuição média de 33% da produção de vinhaça estimada para

o período de uma safra, um valor de 4.075.500 de metros cúbicos de vinhoto a menos.

Levando-se em consideração os dados apresentados anteriormente nos quais foram estimados os excessos de vinhoto gerados na região no caso da fertirrigação em 20% da área agrícola dos municípios de Rio Brilhante, Nova Alvorada do Sul e Maracaju, pôde-se notar que o excesso estimado foi de 4.401.100 m<sup>3</sup> de vinhaça. Com a utilização do aquecimento indireto esse excesso teria uma grande redução, como demonstrado na tabela 5.15.

Tabela 5.15 – Estimativa da redução no excesso de vinhoto para a aplicação em 20% da área agrícola

REGIÃO	EXCESSO DE PRODUTIVIDADE ATUAL (m <sup>3</sup> )	EXCESSO PARA 2,5 LITROS DE REDUÇÃO (m <sup>3</sup> )	% DE REDUÇÃO	EXCESSO PARA 5,0 LITROS DE REDUÇÃO (m <sup>3</sup> )	% DE REDUÇÃO
<b>Rio Brilhante - MS</b>	4.401.100	2.363.350	46%	325.600	93%

Fonte: Autor

Isso demonstra que essa tecnologia tem o intuito de auxiliar as empresas em questões de excesso na produção de vinhoto como, por exemplo, em sobrecargas nos tanques de armazenagem, apresentando uma redução estimada do excesso de vinhaça produzida entre 46% e 97%. É uma tecnologia que pode muito bem ser utilizada em conjunto com outras formas de aproveitamento da vinhaça, visando benefícios a empresa e diminuição dos danos ambientais causados pela vinhaça e sua utilização comum.

### 5.3.5 Produção de Biodiesel

Para a região, a tecnologia de produção de biodiesel através das microalgas traria como benefício a redução no volume de vinhaça resultante da produção de álcool que é armazenada nas indústrias (MARQUES, 2013 a). Faltam dados a respeito da utilização dessa tecnologia para se estimar quanto de vinhoto seria utilizado por safra no cultivo das microalgas.

Assim que esta tecnologia se tornar viável economicamente sua aplicação se tornará uma boa opção para as indústrias utilizarem a vinhaça que produzem em atividades que trazem retorno financeiro e diminuem os riscos ambientais da armazenagem do vinhoto.

## 5.4 Sugestões

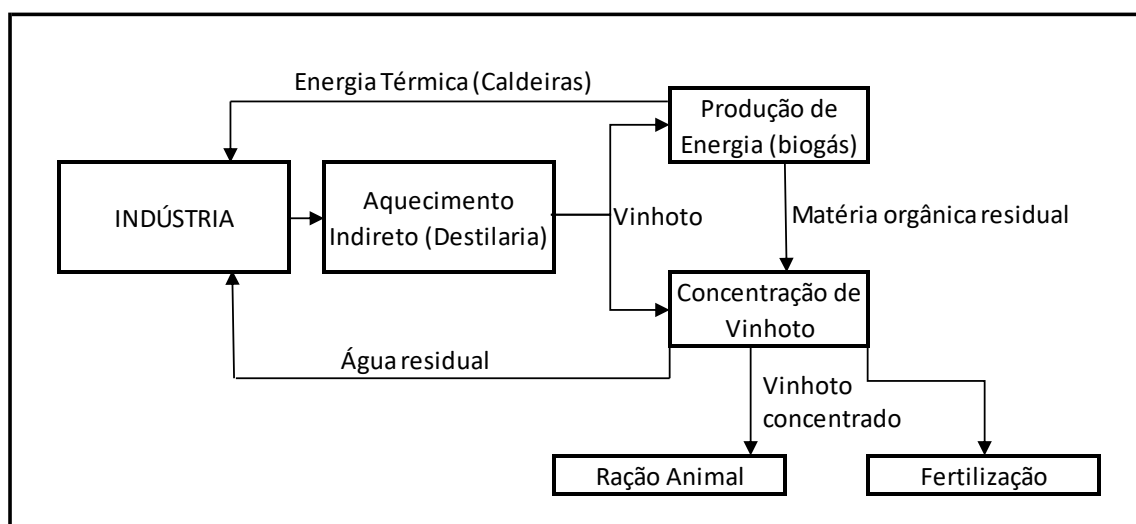
Devido aos riscos ambientais relacionados ao uso do vinhoto na fertirrigação, é sugerido às empresas localizadas na região de estudo adotar as tecnologias de redução da quantidade de vinhoto produzido (aquecimento indireto) e redução no volume de vinhoto armazenado (concentração do vinhoto).

A concentração do vinhoto se tornaria vantajosa as empresas por possibilitar sua comercialização como fertilizante, quando não aplicada nas lavouras próprias, e como componente de rações animais pela demanda existente de rações animais na região. Para a redução do consumo de vapor pelo concentrador por evaporação é sugerido a utilização da tecnologia de concentração por osmose reversa antes da tecnologia de concentração por evaporação.

Parte do vinhoto produzido poderia ser destinado ao processo de produção de biogás sendo utilizado como energia térmica nas caldeiras, reduzindo a necessidade de bagaço da cana. A matéria orgânica residual deste processo pode ser destinada aos concentradores, não prejudicando a capacidade de fertilização da empresa.

A figura 5.9 demonstra o fluxograma sugerido para o uso do vinhoto produzido na região.

Figura 5.9 – Fluxograma sugerido para o uso do vinhoto pelas empresas da região



Fonte: Autor.

## 6. CONCLUSÃO

Por mais que a literatura acerca das consequências do uso do vinhoto no solo seja ainda bastante limitada, com os poucos trabalhos com vinhoto/vinhaça de cana-de-açúcar, é possível verificar que os resultados são bastante diversificados demonstrando a importância de sua aplicação como fertilizante, mas também evidenciando as possíveis consequências de uma aplicação sem critérios.

Dessa forma, mais estudos do uso de vinhoto, em solos de área canavieira, torna-se bastante importante para recomendação agrônômica desse resíduo, assim como, novas legislações que estabeleçam o procedimento de conduta das usinas em relação a disposição da vinhaça.

Os danos causados ao meio ambiente pela aplicação excessiva são bastante expressivos em relação a capacidade poluente do vinhoto, podendo prejudicar tanto a vida animal como humana, devido a proliferação de insetos e poluição de águas tanto subterrânea como superficiais.

No estudo verifica-se a grande contribuição da utilização do vinhoto nas mais diversas áreas agrícolas. Porém a utilização dos 12,3 milhões de metros cúbicos de vinhoto estimados produzidos pelas usinas da região estudada, demonstram o desperdício no manejo atual deste subproduto.

Portanto, as usinas localizadas nos municípios de Rio Brilhante, Nova Alvorada do Sul e Maracaju, precisam adotar os mecanismos de melhor utilização do vinhoto com rígido controle das agressões ao meio ambiente, aproveitando somente os benefícios que o uso deste específico subproduto pode trazer à economia regional, substituindo recursos não renováveis.

A importância desse estudo para a região é o fato de evidenciar métodos e tecnologias existentes para correta utilização do vinhoto, demonstrando através de estimativas quais benefícios poderiam trazer a região e como seriam úteis na diminuição dos riscos ambientais relacionados a aplicação do vinhoto.

Este estudo abre espaço para trabalhos futuros, onde com a colaboração das empresas se tornaria possível o cálculo de estimativas mais precisas, assim como, a análise do retorno econômico de cada uma das novas tecnologias citadas para as indústrias sucroalcooleiras, e a redução dos impactos ao meio ambiente.

## 7. REFERÊNCIAS

- ALCARTE, A. R.; AGEITEC – Agencia Embrapa de Informação Tecnológica. **Arvore do Conhecimento Cana-de-açúcar**, 2014. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_108\\_22122006154841.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_108_22122006154841.html)>. Acesso em: 20 fev. 2018.
- ALCARDE, A. R. **Desenvolvimento de cana-de-açúcar sob diferentes formas de colheita e de manejo da palha**, 2009. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ). Universidade de São Paulo (USP). Piracicaba, SP, Brasil.
- ANA - Agência Nacional das Águas; FESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; UNICA - União da Indústria de Cana-de-açúcar; CTC – Centro de Tecnologia Canavieira. **Manual de conservação e reuso da água na agroindústria sucroenergética**. Brasília: ANA, 2009. 288p.
- BIOCANA – Associação de Produção de Açúcar, Etanol e Energia. **Vinhoto tem potencial para superar açúcar**, 2010. Disponível em: <<http://www.biocana.com.br/index.php/noticia/visualizar/vinhoto-tem-potencial-para-superar-acucar->>. Acesso em: 28 jan. 2018.
- BIOSEV. Unidades. 2018. Disponível em: <<http://www.biosev.com/a-biosev/unidades/>>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- BIOSUL – Associação dos Produtores de Bioenergia do Mato Grosso do Sul. 2017. Disponível em: <[www.biosulms.com.br/](http://www.biosulms.com.br/)>. Acesso em: 17 dez. 2017.
- BOUÇAS, A. S.; BURATTO, A. L. **Sistema ABC na Gestão dos Custos Ambientais**: a importância de sua utilização na Gestão Ambiental. Sociedade, Contabilidade e Gestão, Rio de Janeiro, v. 4, n. 2, jul/dez 2009.
- CANA ONLINE. **Vinhaça**: Concentrar ou não? Eis a questão, 2014. Disponível em: <<http://www.canaonline.com.br/conteudo/vinhaca-concentrar-ou-nao-eis-a-questao-084128.html#.WpW9tejwblU>>. Acesso em: 22 fev. 2018.
- CASADEI, J. de M. **ESTÁGIO ATUAL DA UTILIZAÇÃO DA VINHAÇA PARA FERTIRRIGAÇÃO NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL**. Águas Subterrâneas, 2014.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Vinhaça – Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola**, 2005. Norma técnica. Disponível em: <<http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/normas/11/2013/11/P4231.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2018.
- CHIEPPE JÚNIOR, J. B. **Tecnologia e Fabricação do Alcool**. Inhumas: E-tec Brasil, 2012. 74 p. Disponível em: <[http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo\\_prd\\_industr/tec\\_acucar\\_alcool/161012\\_tec\\_fabric\\_alc.pdf](http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_prd_industr/tec_acucar_alcool/161012_tec_fabric_alc.pdf)>. Acesso em: 02 fev. 2018.

- CHIES, V. EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Pesquisa avalia o cultivo de microalgas em vinhaça**, 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/1501746/pesquisa-avalia-o-cultivo-de-microalgas-em-vinhaca>>. Acesso em: 18 fev. 2018.
- CNPEM – Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais. **Vinhaça para gerar energia**, 2015. Disponível em: <<http://cnpem.br/vinhaca-gerar-energia/>>. Acesso em: 20 fev. 2018.
- COMITIVA. **CLOSTRIDIOSE EM BOVINOS**: Um problema recorrente nos rebanhos leiteiros, 2014. Disponível em: <<https://www.comiva.com.br/geral-38-clostridioses-em-bovinos-um-problema-recorrente-nos-rebanhos-leiteiros#.WpybSOjwblU>>. Acesso em: 21 fev. 2018.
- COMPRE RURAL. **Infestações damosca dos estábulos causa enormes prejuízos no interior de São Paulo, situação é grave**, 2016. Disponível em: <<https://www.comprerural.com/infestacao-da-mosca-dos-estabuloas-causa-enormes-prejuizos-no-interior-de-sao-paulo-situacao-e-grave/>>. Acesso em: 01 mar. 2018.
- CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPP, J. **Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização**. Revista Brasileira de Energia, Campinas SP, vol. 2, n. 2, p. 01-17.
- COSTA, R. F. da S. **Produção de biogás a partir de vinhaça**, 2014. Disponível em: <<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/1111360461.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2018.
- CRUZ, J. I. **Detecção de contaminação de solo por vinhaça através de análise de dados de eletrorresistividade**. Rev. Bras. Geof. São Paulo, v. 26, n. 4, p. 481-492, Dec. 2008a. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-261X2008000400008&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-261X2008000400008&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 06 Dec. 2016.
- CRUZ, S.; SILVIUS, M.; VOGELAAR, J. **Geração de biogás da vinhaça com um novo tipo de reator anaeróbio**, 2016b. Disponível em: <<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/geracao-de-biogas-da-vinhaca-com-um-novo-tipo-de-reator-anaerobio/>>. Acesso em: 20 fev. 2018.
- ELIA NETO, A. ÚNICA – União da Industria de Cana-de-açúcar. **Estudo da arte da vinhaça**, 2016a. Disponível em: <[www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=35414851](http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=35414851)>. Acesso em: 05 fev. 2018.
- ELIA NETO, A. ÚNICA – União da Industria de Cana-de-açúcar. **Novas tecnologia para a vinhaça**, 2016b. Disponível em: <[www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=32015310](http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=32015310)>. Acesso em: 05 fev. 2018.

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Soluções Tecnológicas. **Situação eco-epidemiológica de mosca-dos-estábulo (*Stomoxys calcitrans*) nos arredores de usinas de cana-de-açúcar no Mato Grosso do Sul**, 2012. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1644/situacao-eco-epidemiologica-de-mosca-dos-estabulos-stomoxys-calcitrans-nos-arredores-de-usinas-de-cana-de-acucar-no-mato-grosso-do-sul>>. Acesso em: 20 fev. 2018.
- FAMASUL – Federação de Agricultura e Pecuária de MS. **MS registra aumento na produção de carne bovina, suína e de frango**, 2018. Disponível em: <<http://portal.sistemafamasul.com.br/ms-registra-aumento-na-producao-de-carne-bovina-suina-e-de-frango/>>. Acesso em: 18 fev. 2018.
- FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. Imagem. 2015. Disponível em: <[http://agencia.fapesp.br/novas\\_tecnologias\\_no\\_transporte\\_e\\_armazenamento\\_de\\_vinhaca\\_reduzem\\_emissoes\\_de\\_metano/25835/](http://agencia.fapesp.br/novas_tecnologias_no_transporte_e_armazenamento_de_vinhaca_reduzem_emissoes_de_metano/25835/)>. Acesso em: 12 fev. 2018.
- FREIRE, W. J., CORTEZ, L.A.B, (2000), **Vinhaça de cana-de-açúcar**, Editora, Agropecuária, Campinas, 203p.
- GOOGLE MAPS. **[Localização Usinas Sucroalcooleiras na região de Rio Brilhante]**. 2018. Disponível em: < <https://www.google.com.br/maps/@-21.8067569,-54.6373854,168416m/data=!3m1!1e3> >. Acesso em: 26 jan. 2018.
- GRANATO, E.F., **Geração de Energia Através da Biodigestão Anaeróbica da Vinhaça**, 2003 FEB-Unesp, Dissertação de Mestrado.
- GUARNIERI, C.L. & M.R. JANUZZI. 1992. **Proálcool**: Impactos ambientais. Revista Brasileira de Energia, São Paulo, 2 (2): 6-10.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. Área Agrícola MS, 2014 Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/comparamun/compara.php?lang=&coduf=50&idtema=149&codv=v43&search=mato-grosso-do-sul|rio-brilhante|sintese-das-informacoes-2014>>. Acesso em: 18 fev. 2018.
- ISSOEMS aput. SEPLAN-MS. Portal #IssoéMS. Mapa Mato Grosso do Sul. 2018. Disponível em: <<http://www.issoems.com.br/mochilao>>. Acesso em: 01 fev. 2018.
- LEITE, G. F. **Avaliação econômica da adubação com vinhaça e da adubação mineral de soqueiras de cana-de-açúcar na Usina Monte Alegre Ltda.** - Monte Belo – Mg R. Un. Alfenas, Alfenas, 5:189-181, 1999.
- LUDOVICE, M.T.F. 1997. **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre lençol freático**, 1997. Tese (Mestrado em

Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 143 p

MARINHO, F. B. **Resíduo da Agroindústria Sucroalcooleira – Vinhaça**. Revista Educação Ambiental em Ação, 2016. Disponível em: <<http://www.revistaeea.org/pf.php?idartigo=2548>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

MARQUES, H. M. de S. **Vinhoto da cana de açúcar: aproveitamento e impactos ambientais na região de Ibaiti/PR**. 2013a. 25 p. Monografia (Especialização em Ensino de Ciências). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

MARQUES, F. **O alvo é o bagaço**. Pesquisa FAPESP, n.163, p.17-25, set. 2009b.

MARQUES, M. O. **Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça**. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba: CP 2, 2006c. p. 369-375.

MARTINS, L. CaarapoNews. **Agrícola NovAmerica explica motivo pelo qual o odor da vinhaça tem chegado a caarapo**, 2015. Disponível em: <<http://www.caaraponews.com.br/noticia/65498/agricola-novamerica-explica-motivo-pelo-qual-o-odor-da-vinhaca-tem-chegado-a-caarapo>>. Acesso em: 01 mar. 2018.

MELDAU, D. C. **Mosca de Estábulo**. Info Escola. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/insetos/mosca-de-estabulo/>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

MINISTÉRIO DO INTERIOR. Portaria nº124. 20 ago. 1980a. disponível em: <<http://www.oads.org.br/leis/3426.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

MINISTÉRIO DO INTERIOR. Portaria nº323. 29 nov. 1978b. Disponível em: <<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/bra14330.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

MORAIS, G. **SISGAVI-SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE APLICAÇÃO DE VINHAÇA**, 2014. Universidade Camilo Castelo Branco. Fernandópolis. São Paulo.

NEVES, M. F.; CONEJERO, M. A. **Sistema agroindustrial da cana: cenários e agenda estratégica**. Econ. Apl., Ribeirão Preto , v. 11, n. 4, p. 587-604, Dec. 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-80502007000400007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-80502007000400007&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 06 Dec. 2016.

NEX ENGENHARIA. **[Tanque de vinhaça]**. 2018. Disponível em: <<http://nexservicos.weebly.com/tanque-de-vinhaccedila.html>>. Acesso: 05 fev. 2018.



- NOVA CANA. **Uso da vinhaça na cultura da cana-de-açúcar**, 2013. Disponível em: <<https://www.novacana.com/cana/uso-vinhaca-cultura/>>. Acesso em: 15 dez. 2017.
- ODEBRECHT. **Relatório anual safra 2016-2017**, 2017. Disponível em: <<http://ra2017.odebrechtagroindustrial.com>>. Acesso em: 18 jan. 2018.
- PENHABEL, L. A. **Vinhaça: Bio-fertirrigação e impacto ambiental**, 2013. *COGNITIO/PÓS-GRADUAÇÃO UNILINS1*
- PRADA, S. M.; GUEKEZIAN, M.; SUAREZ-IHA, M. E. V., **Metodologia Analítica Para a Determinação de Sulfato em Vinhoto**. *Quím.Nova*, vol.21, nº 3, p.249-252, maio/jun.1998.
- RIBEIRO, A. **O que é lixiviação do solo?**; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/geografia/o-que-e-lixiviacao-solo.htm>>. Acesso em 01 de março de 2018.
- RIBEIRO, M. L. **Contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: avaliação preliminar**. *Quím. Nova*, São Paulo , v. 30, n. 3, p. 688-694, 2007b . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422007000300031&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000300031&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 01 mar. 2018.
- RIOS, D. F. F.; FRAGA, M. H. S. **Estudo de viabilidade da implantação de um concentrador de vinhaça em uma usina produtora de etanol**, 2015. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_206\\_219\\_27780.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_219_27780.pdf)>. Acesso em: 18 fev. 2018.
- SALOMON, K. R. **Avaliação técnico-econômico e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade**. Itajubá (MG) [s.n.], 2007. 219p.: il.
- SEMACE - Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia e Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **Plano estadual de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul**. Campo Grande, MS: Editora UEMS, 2010.
- SEMADE – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico. **Resolução SEMADE nº 19 02/09/2015**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=303034>>. Acesso em: 01 mar. 2018.
- SILVA, M. A. S. da; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. **Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático**. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande , v. 11, n. 1, p. 108-114, fev. 2007 . Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662007000100014&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662007000100014&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em 06 dez. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662007000100014>.

SILVEIRA, E. **Vinhaça para gerar energia**, 2015. Revista Pesquisa FAPESP. Disponível em: < <http://revistapesquisa.fapesp.br/2015/12/15/vinhaca-para-gerar-energia/>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

TEIXEIRA JUNIOR, J. C. **Roteiro de Estudo: Operações Unitárias na Produção de Açúcar e Álcool**, 2015. Disponível em: <<https://docslide.com.br/documents/operacoes-unitarias-na-producao-de-acucar-e-alcool-rev21.html>>. Acesso em: 27 fev. 2018.

TONON BIOENERGIA. Unidades. 2018. Disponível em: <[http://tononbioenergia.com.br/tononbioenergia/web/conteudo\\_pti.asp?conta=45&tipo=45469&idioma=0](http://tononbioenergia.com.br/tononbioenergia/web/conteudo_pti.asp?conta=45&tipo=45469&idioma=0)>. Acesso em: 18 jan. 2018.

USINA PEDERNEIRAS. **VINHAÇA**, 2013. Disponível em: <<http://www.usinapederneiras.com.br/site/vinhaca.html>>. Acesso em: 10 fev. 2018.

WADT, C. H. **Manejo integrado da mosca dos estábulos nas atividades agropecuárias**. Protecta: Tecnologia em Controle de Pragas. Disponível em: <[http://www.assocana.com.br/restrito/10\\_InsectShow\\_Palestra01.pdf](http://www.assocana.com.br/restrito/10_InsectShow_Palestra01.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2018.

YIN, Robert K. **Estudo de caso – planejamento e métodos**. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001.