



Evolução no uso da Vinhaça

Raffaella Rossetto

Raffaella@apta.sp.gov.br

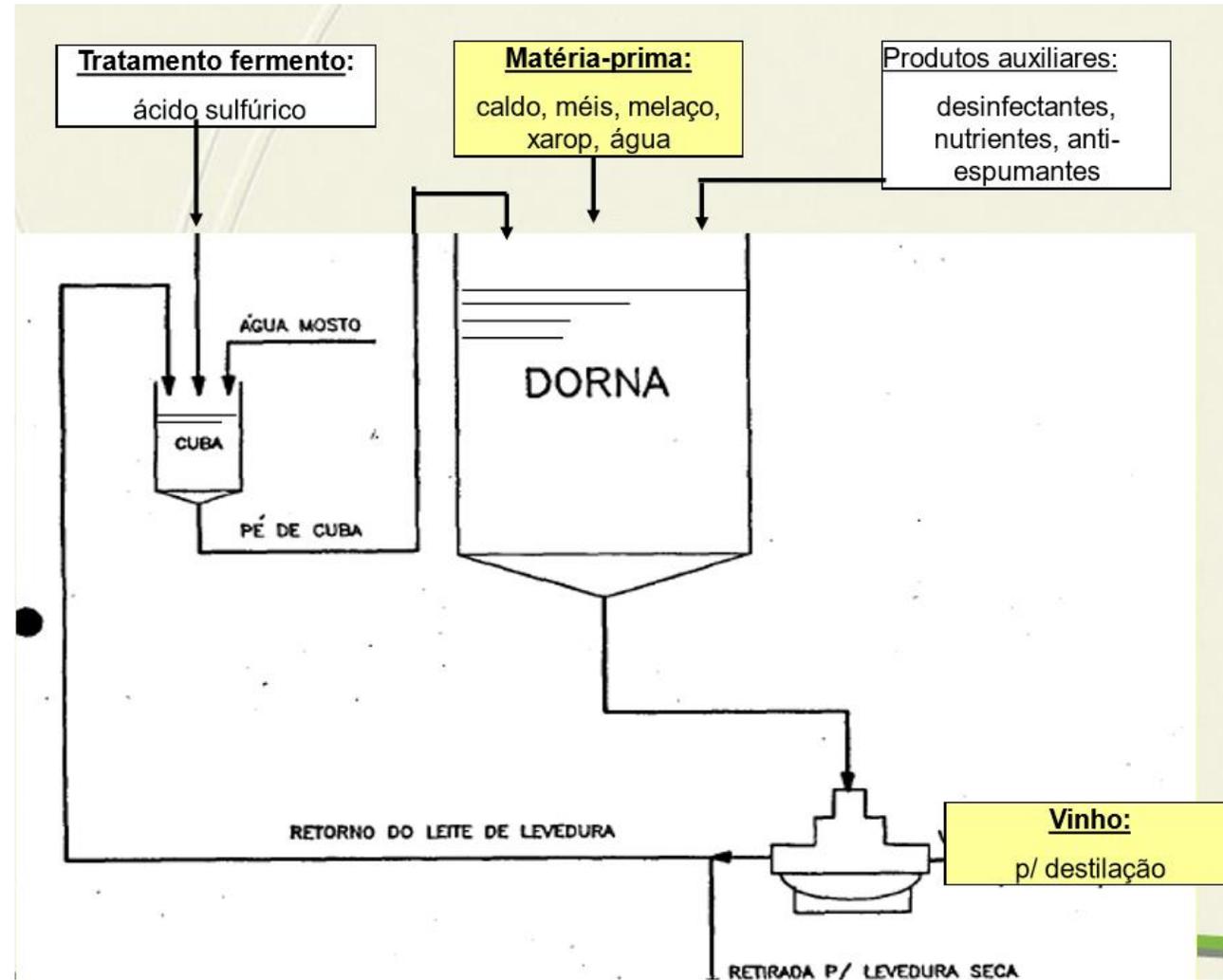


## Vinhaça

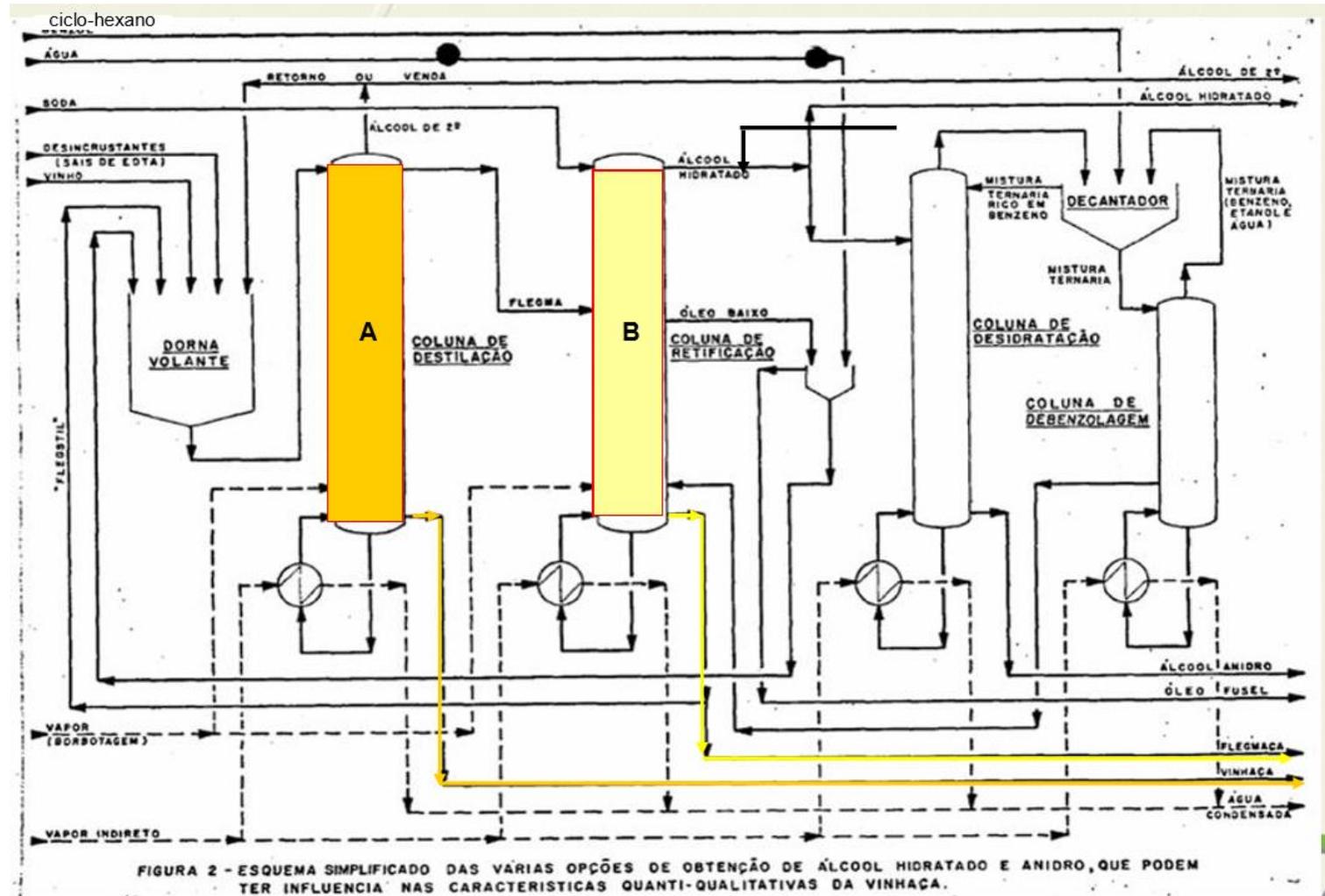
É o resíduo da produção de etanol  
É o líquido derivado da destilação do vinho, que é o resultado da fermentação do caldo de cana ou do melaço  
(NT.Cetesb P4.231 / 2006)

*Resíduo sólido Classe II-A, Não perigoso e não inerte (ABNT 10.004):  
Devido a não existir tratamento convencional é proibido o descarte nos corpos de água*

# Origem da vinhaça



# Origem da vinhaça





Tipo Mosto gera vinhaça  
com concentração diferente

---

No processo industrial, a vinhaça  
pode ter 03 origens diferentes:

---

1. obtida do caldo da cana em  
destilarias autônomas;

---

2. obtida do mel final diluído  
com água nas usinas de açúcar;

---

3. obtida do mel final diluído  
com o caldo nas usinas de açúcar.

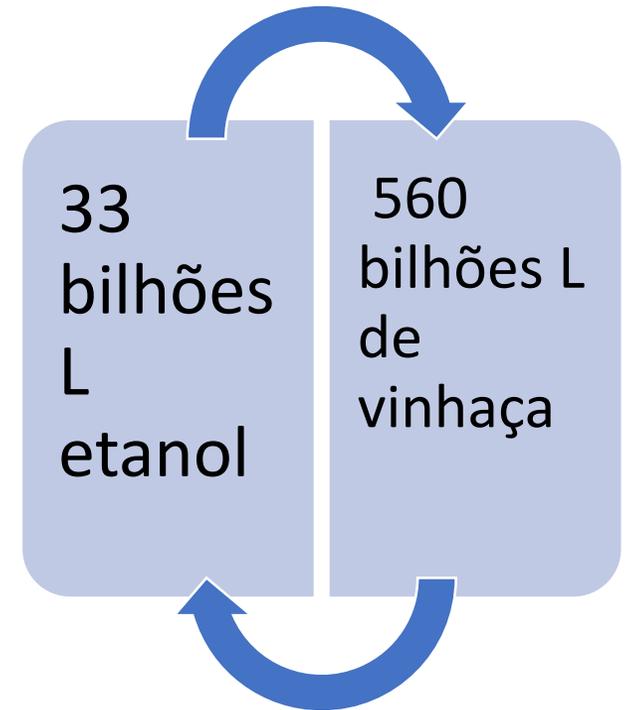
---

# Análise química da Vinhaça

Características da Vinhaça			
Parâmetro	Melaço	Caldo	Misto
pH	4,2 - 5,0	3,7 - 4,6	4,4 - 4,6
Temperatura [°C]	80 - 100	80 - 100	80 - 100
DBO [mg O <sub>2</sub> /l]	25.000	6.000 - 16.500	19.100
DQO [mg O/l]	65.000	15.000 - 33.000	45.000
Sólidos Totais [mg/l]	81.500	23.700	52.700
Sólidos Voláteis [mg/l]	60.000	20.000	40.000
Nitrogênio [mg/l]	450 - 1.600	150 - 700	480 - 710
Fósforo [mg/l]	100 - 290	10 - 210	9 - 200
Potássio [mg/l]	3.740 - 7830	1.200 - 2.100	3.340 - 4.600
Cálcio [mg/l]	450 - 5.180	130 - 1.540	1.330 - 4.570
Magnésio [mg/l]	420 - 1.520	200 - 490	580 - 700
Sulfato [mg/l]	6.400	600 - 760	3.700 - 3.730
Carbono [mg/l]	11.200 - 22.900	5.700 - 13.400	8.700 - 12.100
C/N	16 -16,3	19,7 – 21	16,4 – 16,42

# Geração de vinhaça

	Produção Vinhaça
Destilarias autônomas	14 a 17 L / L de etanol
Destilarias autônomas com pre concentração do caldo	9 a 13 L / L de etanol
Destilarias anexas	10 a 14 L / L de etanol



# Vinhaça e produtividade cana — Rossetto et al. 2013

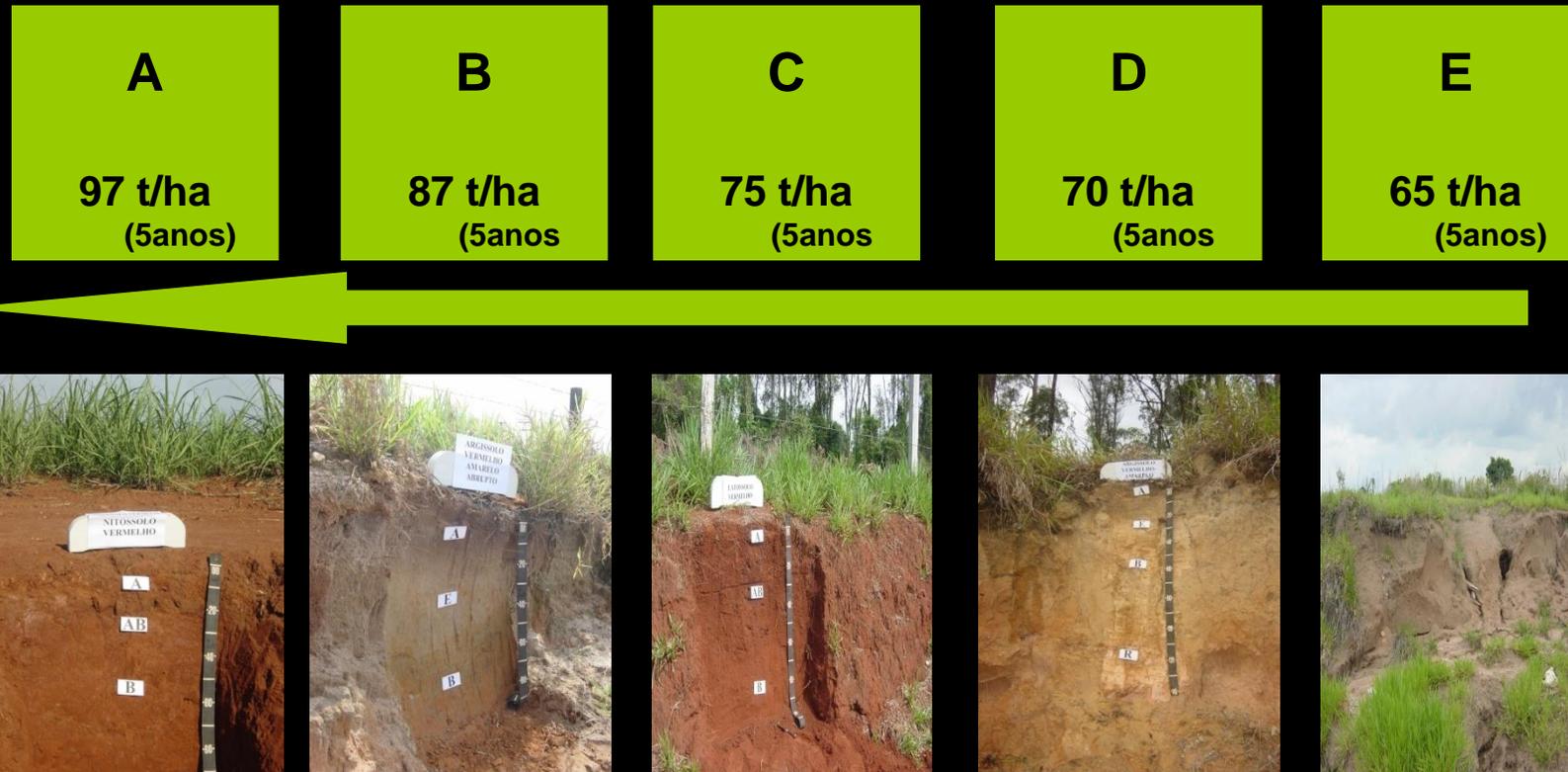
Doses- 0, 140, 280 m<sup>3</sup>/ha (ano 1) e 0, 170, 340m<sup>3</sup>/ha (ano 2)



Sugarcane yield		
Vinasse	Year 1	Year 2
	----- t ha <sup>-1</sup> -----	
Control	59.4 c	34.77 c
Dose 1	108.6 b	87.55 b
Dose 2	144.6 a	101.34 a
	↓ 140%	↓ 190%
VC (%)	12.0	16.4
F	32.2	133.5
Prob.>F	0.0009	0.00003
Linear	0.97***	0.87**
Quadratic	NS	0.99**



# Ambientes de Produção x Vinhaça



# Histórico do uso da vinhaça

1950-60

- Descarte em rios, corpos de água

1970

- Descarte em áreas de sacrifício

1980

- Fertirrigação - Uso vinhaça com base no K fertilizante

2005

- Normativa Cetesb

2015

- Concentração da vinhaça, uso como base para fertilizante fluido
- Uso para produção energia - biogás

# 1. Disposição em rios e corpos de água - proibida desde 1967

(Gov. Janio Quadros)

## Vinhaça e poder poluente

- O poder poluente do vinhaça é cerca de cem vezes maior que o do esgoto doméstico: O potencial poluidor da vinhaça de uma Usina média (500 m<sup>3</sup> álcool/dia) equivale a poluição de uma cidade com 1.700.000 habitantes.
- Alto teor de matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade
- altos índices de demanda bioquímica de oxigênio –
- DBO (20.000 a 35.000 mg/l), rouba O<sub>2</sub> da água para oxidação da matéria orgânica
- elevada temperatura na saída dos destiladores ( 85 a 90 °C)
- é considerado altamente nocivo à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces.





Esalq – Dr. Jaime R. Almeida. Talvez o primeiro experimento com vinhaça no Brasil  
(data provável, 1959)

# Histórico do uso da vinhaça

1950-60

- Descarte em rios e corpos de água

1970

- Descarte em áreas de sacrifício

1980

- Fertirrigação  
• Uso vinhaça com base no K fertilizante

2005

- Normativa Cetesb

2015

- Concentração da vinhaça, uso como base para fertilizante fluido
- Uso para produção energia - biogás



## Áreas de sacrifício

- a) salinização e alteração do potencial osmótico do meio;
- b) toxicidade às plantas causadas por íons específicos;
- c) prejuízo da absorção de água e nutrientes pelas plantas;
- d) desestabilização da estrutura do solo.
- e) Materia orgânica e S formam mercaptanas – cheiro ruim – insetos

# Histórico do uso da vinhaça

1950-60

- Descarte em rios e corpos de água

1970

- Descarte em áreas de sacrifício

1980

- Fertirrigação  
• Uso vinhaça com base no K fertilizante

2005

- Normativa Cetesb

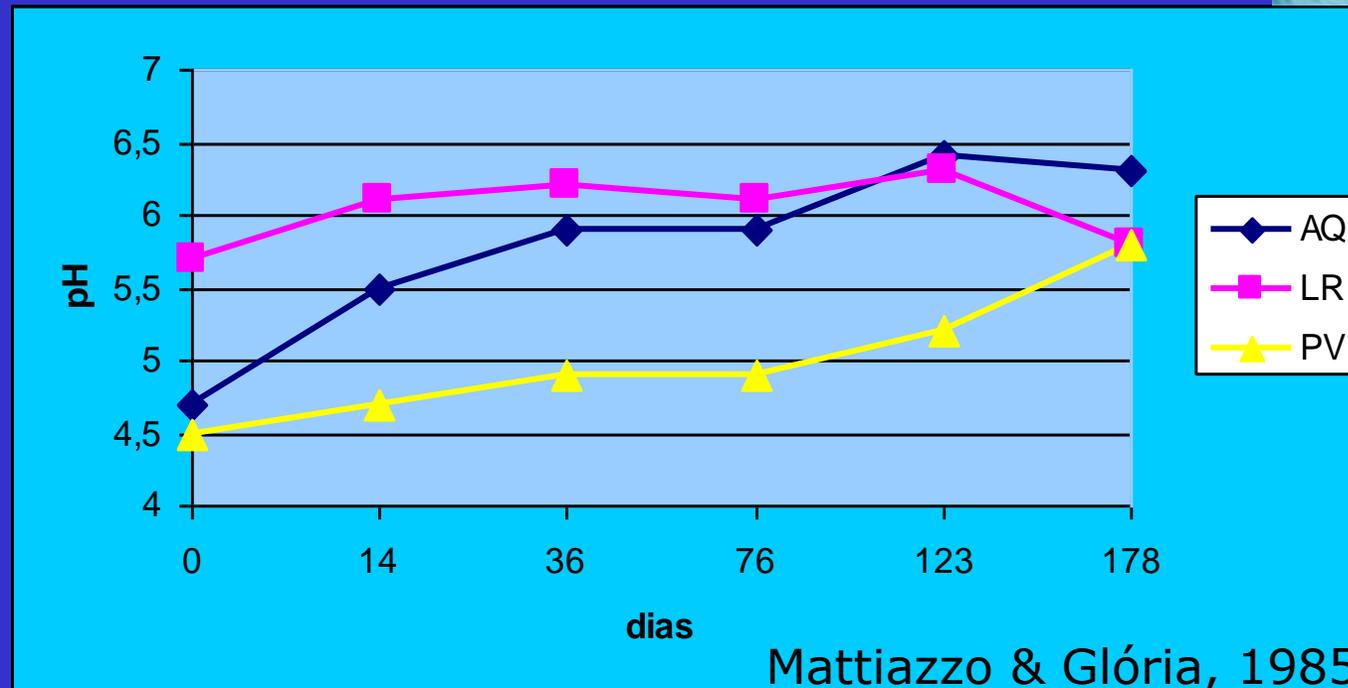
2015

- Concentração da vinhaça, uso como base para fertilizante fluido
- Uso para produção energia - biogás

# Aplicação de vinhaça x pH



500m<sup>3</sup>/ha



**Razões: complexação Al, reações de redução que consomem ions H<sup>+</sup>,  
Aumento atividade microbiana – oxidação matéria orgânica**

Mais tarde, em 1975, o professor Nadir Almeida da Glória estabeleceu as bases para a aplicação racional da vinhaça levando em consideração a sua composição mineral, as características do solo e as exigências da cana-de-açúcar.



1973

Em parceria com a ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, a empresa investiu em uma pesquisa sobre a utilização de vinhaça como fertilizante na lavoura. Foi este estudo que transformou o subproduto em componente (nutriente) para a lavoura de cana. A partir da safra de 1974/75 a vinhaça foi aplicada de acordo com as diretrizes estabelecidas por essa pesquisa.

Tem início o Programa de Viagens – De Malas Prontas, uma proposta de turismo social que visa além do lazer, ampliar o repertório cultural dos funcionários do grupo e seus familiares.

A produção de açúcar ultrapassou 1 milhão de sacas.

Usina Pedra – pioneira no incentivo às pesquisas com o uso de vinhaça

# *Vinhaça é recomendada pelo teor Potássio*

- Tanto o excesso como a falta de K interferem na matéria prima, influenciando pol e fibra
- Doses muito altas de K causam atrasos na maturação, queda no teor de sacarose



Foto. J. Orlando F.



Redução crescimento, colmos finos e topo em forma de leque



Fonte: Usina São Luiz,  
Pirassununga

- A partir da década de 1980 houve uma redução significativa nos volumes de vinhaça aplicados no solo, em geral variando de 500 a 2.000 m<sup>3</sup>/ha.



## Sistemas de Transporte da Vinhaça para o campo

A vinhaça sai a temperatura de 80 a 100°C, é resfriada a 35/40°C.  
Em seguida é enviada à área agrícola.

1

Bombeamento direto de toda a vinhaça da indústria até uma lagoa ou mais lagoas localizadas na área agrícola.

2

Transporte em caminhões tanque, normalmente bitrens.

3

Sistema misto – bombeamento x transporte por caminhões.



### **Bombeamento Direto:**

A vinhaça é bombeada da Indústria para uma lagoa, localizada preferencialmente no nível mais elevado da propriedade. Através de canais impermeabilizados, a vinhaça então é enviada aos canhões de aspersão.

Recentemente a vinhaça era armazenada em grandes lagoas próxima a usina. Devido às condições de segurança e aos altos custos da lagoa, que deve ser totalmente impermeabilizada, este sistema vem sendo abandonado pelas usinas.



### Transporte por Caminhões:

Sistema em que a vinhaça é transportada da indústria até a lavoura por caminhões tanque que podem ter capacidade de até 60 m<sup>3</sup> por viagem.

Também podem abastecer lagoas impermeabilizadas que através de canais, alimentam diretamente os canhões aspersores.

#### Vantagens:

- Não necessita do dispendioso sistema de canalizações e grandes bombas de recalque;
- Sistema mais seguro, pois não há tubulações cruzando propriedades de terceiros, rios, córregos, etc.;
- Pode levar a vinhaça a grandes distâncias, em áreas que não poderiam ser atendidas pelo bombeamento.
- 

#### Desvantagens:

- Exige uma frota de caminhões tanque, que na entressafra ficam sem utilização;
- Os gastos operacionais são maiores que o sistema por bombeamento direto;
- Necessita de uma logística complexa, com gerenciamento e rastreamento dos veículos em tempo real;
- Existe a possibilidade de acidentes com os caminhões, de derrames e vazamentos.
-





## **Sistema Misto – Bombeamento x Transporte por Caminhões:**

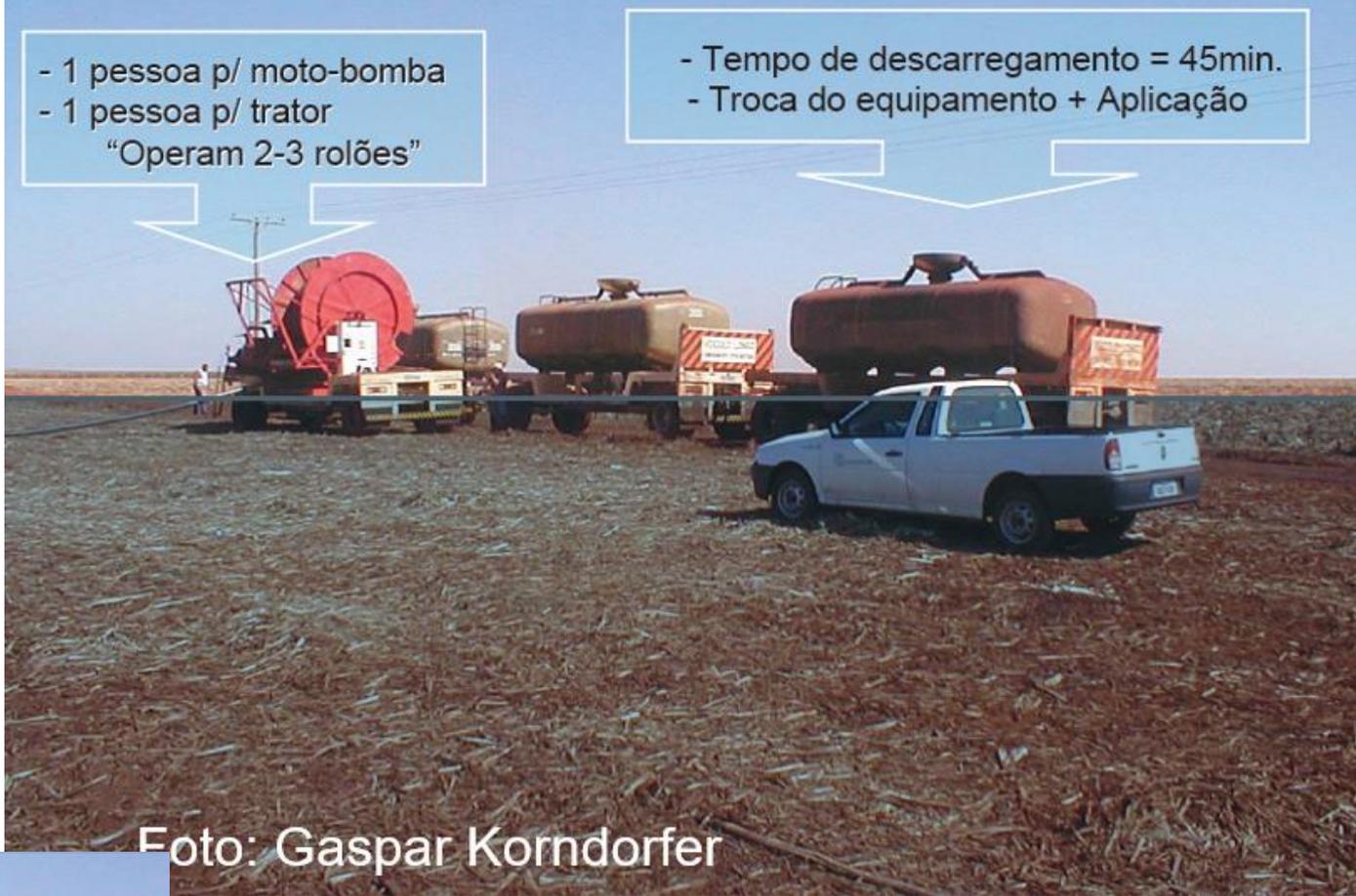
Sistema em que a vinhaça nas áreas próximas é transportada até a lavoura por bombeamento e nas áreas mais distantes por caminhões tanque.

É o que tem sido mais adotado pelas Usinas, pois soma as vantagens dos dois sistemas.



## MOTO-BOMBA EVOLUÇÃO

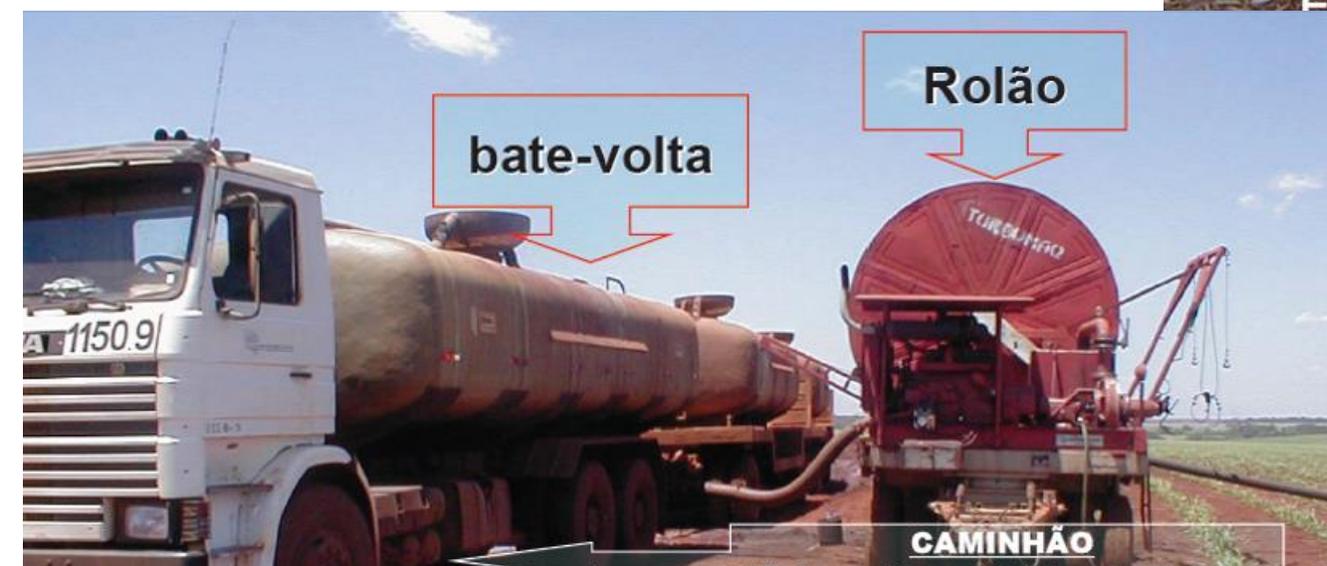
Foto: Gaspar Korndorfer



- 1 pessoa p/ moto-bomba
- 1 pessoa p/ trator
- “Operam 2-3 rolões”

- Tempo de descarregamento = 45min.
- Troca do equipamento + Aplicação

Foto: Gaspar Korndorfer



bate-volta

Rolão

CAMINHÃO

# Distribuição:



Rendimento do caminhão aplicador  
3,3 ha/hora



40 ha/dia



## Aplicação da vinhaça no campo



- O giro do carretel, realizado através da força da água, ao enrolar a mangueira, faz com que o aspersor se movimente irrigando a área correspondente ao comprimento da mangueira e ao raio de alcance do aspersor



- Os aspersores utilizados neste sistema têm vazões comumente variando entre 80 e 150 m<sup>3</sup>/h, podendo realizar giro completo ou setorial. As mangueiras são geralmente de polietileno e com diâmetros que variam de 100 mm a 150 mm, e comprimento variando de 300 m a 500 m.

Aplicação da vinhaça com pivô linear, Usina Triunfo, Al  
Foto: JornalCana

# Histórico do uso da vinhaça

1950-60

- Descarte em rios e corpos de água

1970

- Descarte em áreas de sacrifício

1980

- Fertirrigação  
Uso vinhaça com base no K fertilizante

2005

- Normativa Cetesb

2015

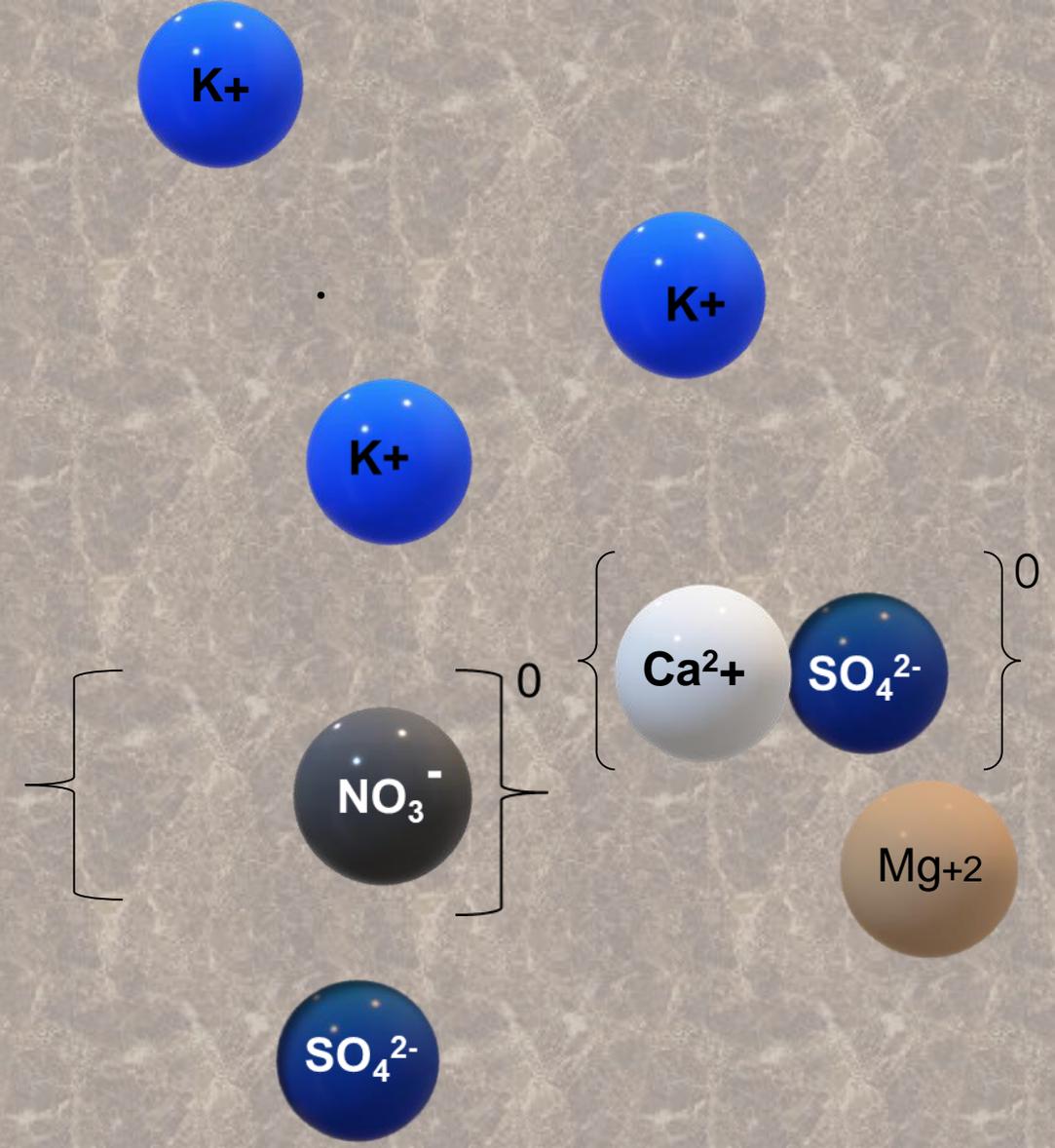
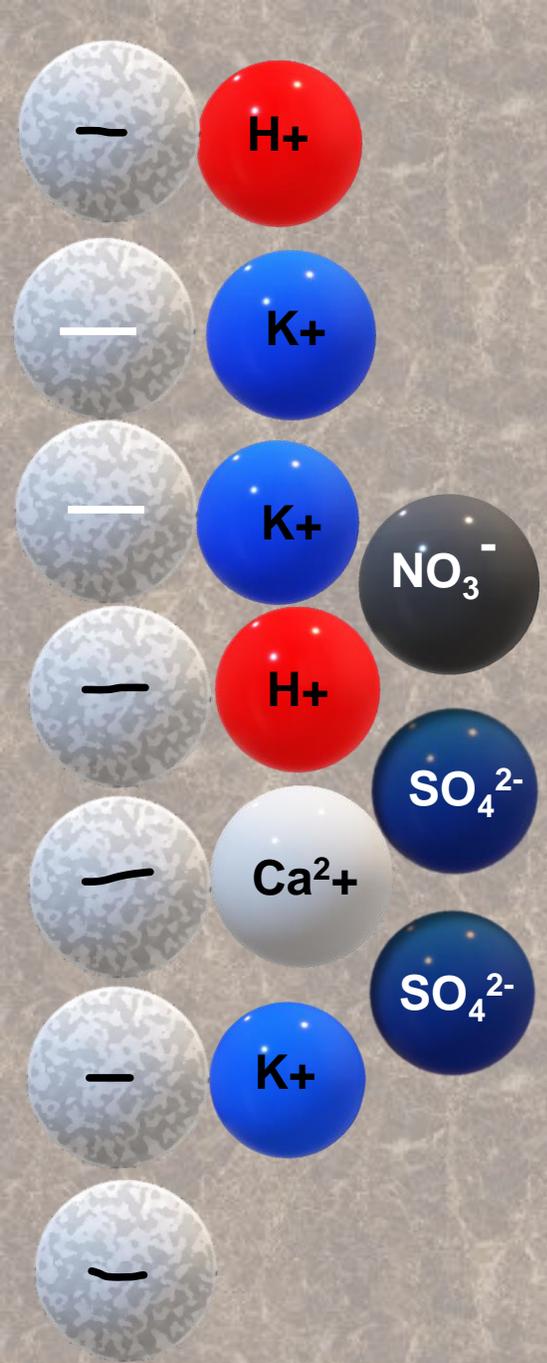
- Concentração da vinhaça, uso como base para fertilizante fluido
- Uso para produção energia - biogás

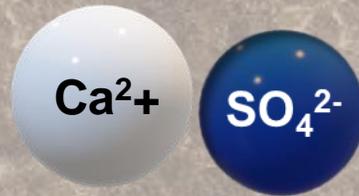
# Final dos anos 80

- Lei nº 6.134
- de 02/06/1988,
- art. 5º, do Estado de São Paulo.

“Os resíduos líquidos, sólidos ou gasosos, provenientes de atividades agropecuárias, industriais, comerciais ou de qualquer outra natureza, só poderão ser conduzidos ou lançados de forma a não poluírem as águas subterrâneas”.

Inicia-se preocupação com poluição do Lençol Freático e poluição dos Aquíferos, em especial Aquífero Guarani





Lençol Freático

**Nitrato - > 10ppm metahemoglobinemia**

## O caso da vinhaça – P. 4231 (Cetesb)

### 1. Local

Não poderá ser área preservação permanente nem reserva legal

Distante 50m rodovias

Distante 1km de perímetro urbano

Profundidade aquífero 3m

Declividade < 15%

### 2. Plano aplicação

a ser encaminhado a Cetesb anualmente

### 3. Dose

considera teor de K, não ultrapassando **5% CTC**

Quando limite for atingido – aplicação ficará restrita a reposição considerada a extração como **185kg** de  $K_2O$ /ha/corte

### 4. Caracterização quím. Solo antes e monitoramento

# Dose Máxima de Vinhaça a ser aplicada ao solo CETESB P4.231

dose  
Cetesb

$$\text{m}^3 \text{ of vinhaça / ha} = [(0.05 \times \text{CTC} - \text{ks}) \times 3744 + 185] / \text{kvi}.$$

- 0.05 = 5% da CTC
- CTC = expressa em  $\text{cmolc} / \text{dm}^3$  a pH 7.0, dada pela análise solo.
- ks = concentração de K no solo, expressa em  $\text{cmolc} / \text{dm}^3$ , na profundidade de 0.80 m, dado pela análise de solo.
- 3744 = Constante para converter os resultados da análise de fertilidade para kg de K em um volume de 1 ha por 0,80 m de profundidade.
- 185 = kg of K<sub>2</sub>O extraído pela cana por ha por corte .
- kvi = Concentração de K na vinhaça, expressa em  $\text{kg K}_2\text{O} / \text{m}^3$ .

**Formula é baseada no fato de a saturação de K no solo não pode ser maior que 5% da CTC**





Transporte por canais

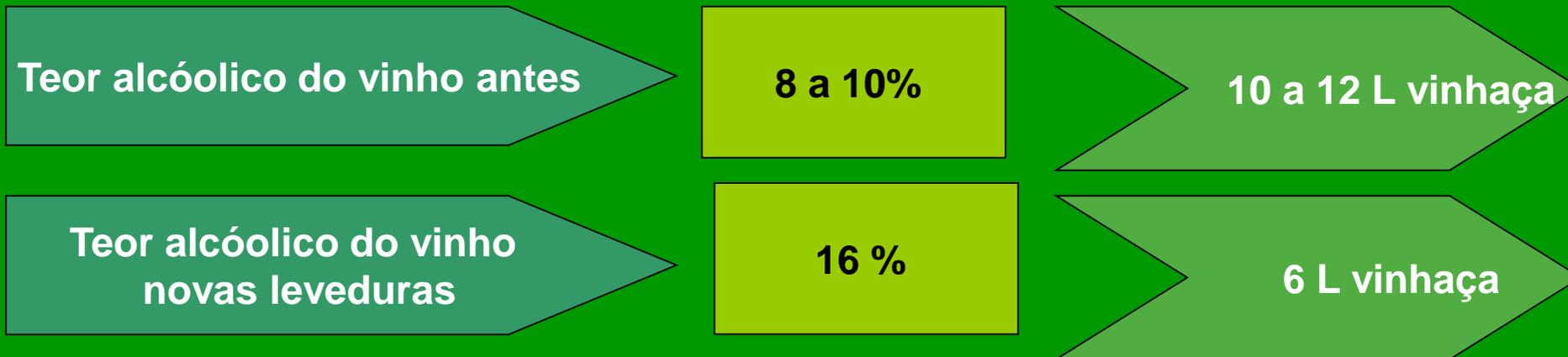
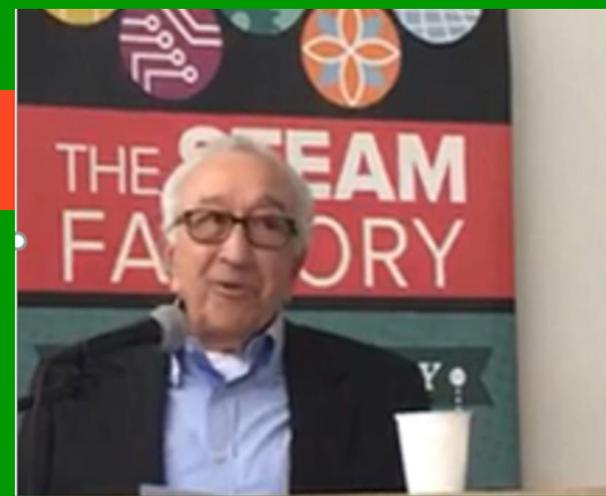
---

# Reservatórios



# Redução da produção de vinhaça

## Melhoramento da levedura e do processo de fermentação



Projeto Piloto – Usina da Pedra, Serrana, SP

Melhorias – no sistema de temperatura e refrigeração, inclusão de leveduras especiais, manutenção da alta viabilidade durante a reciclagem das leveduras (Fermentec, 2009)

# Histórico do uso da vinhaça

1950-60

- Descarte em rios e corpos de água

1970

- Descarte em áreas de sacrifício

1980

- Fertirrigação  
• Uso vinhaça com base no K fertilizante

2005

- Normativa Cetesb

2015

- Concentração da vinhaça, uso como base para fertilizante fluido
- Uso para produção energia - biogás

# Concentração Vinhaça



Concentradora de Vinhaça - Usina Iracema, SP.  
600.000 L de vinhaça por dia com Brix 18

No proceso de concentração, se permite a evaporação da água e a manutenção dos nutrientes e matéria orgânica.

**A vinhaça concentrada é um fertilizante orgânico, registrado no MAPA, e portanto um subproduto do etanol.**

**Se tem adição de algum elemento mineral nutriente de planta, a vinhaça concentrada pode ser comercializada como fertilizante organomineral.**

# Composição de vinhaça concentrada



**A EXPANSÃO DO SETOR SUCROALCOOLEIRO E O NOVO CENÁRIO -  
A NECESSIDADE DA VINHAÇA CONCENTRADA**

## CARACTERÍSTICAS DAS VINHAÇAS

PARÂMETRO		IN NATURA 4% BRUX (*)	BRUX 35%	BRUX 65%
pH		4,4-4,6	4,6-5,0	4,6-5,0
TEMPERATURA	(°C)	80-100	50-60	50-60
DBO	(mg/L)	19800	173250	321750
DQO	(mg/L)	45000	393750	731250
SOLIDOS TOTAIS	(mg/L)	52700	461125	856375
SOLIDOS SOLÚVEIS	(mg/L)	40000	350000	650000
SOLIDOS INSOLÚVEIS	(mg/L)	12700	111125	206375
NITROGENO- N	(mg/L)	480-710	4200-6213	7800-11538
FOSFORO - P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	(mg/L)	9-200	79-1750	146-3250
POTASSIO- K <sub>2</sub> O	(mg/L)	3340-4600	29225-40250	54275-74750
CALCIO - CaO	(mg/L)	1330-4570	11638-39988	21613-74263
MAGNESIO - MgO	(mg/L)	580-700	5075-6125	9425-11375
SULFATO - SO <sub>4</sub>	(mg/L)	3700-3730	32375-32637	60125 - 60612
REL. VINHAÇA/ ALCOOL (**)	(L/L)	12	1,4	0,74

Nutriente	Vinhaça Concentrada Us Iracema
	mg/L
N	3.000
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	700
K <sub>2</sub> O	20.000
SO <sub>4</sub>	3.100
Ca	5.300
Mg	2.800

NOTA: Valores médios

(\*) Mosto 50% Mel e 50% Caldo.

(\*\*) Considerando aquecimento indireto e vinho com teor alcoólico de 7° GL

# Adubação com vinhaça concentrada



Fábrica de Fertilizantes  
a base de vinhaça  
concentrada

É possível compor **misturas de vinhaça** concentrada e fontes de N, P, Ca, Mg, S e micronutrientes para suprir **todas as** recomendações de adubação das socas.

**Ureia** é a fonte de N preferida.  
Nitrato de amônio e **URAN** (32-00-00)

Nas misturas se deve evitar que o pH se eleve a mais de 7

Acido Fosforico tem sido a melhor fonte e permite obter concentrações que variam de 30 a 54% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

MAP y DAP também podem ser utilizadas mas é difícil conseguir proporções de N e P usando essas fontes

**K – todo fornecido pela vinhaça**

## Vantagens do uso do fertilizante fluido organomineral com base na vinhaça concentrada:

1. Facilidade de transporte, manuseio e aplicação
2. Melhor distribuição de K em áreas mais distantes da usina
3. Economicidade nas operações
4. Menos segregação de elementos no fertilizante
5. Facilidade de adição de micronutrientes
6. Uniformidade de aplicação
7. Localização adequada
8. Menor risco de poluição de ar e cursos de água
9. Possibilidade de armazenamento

### Dificuldades:

1. Alto custo de implantação da concentradora
2. Eventuais dias sem produção de vinhaça concentrada em função de manutenção da concentradora
3. Dificuldade de obtenção de algumas matérias primas
4. Mudança nos equipamentos de aplicação da vinhaça no campo

## Vinhaças variam conforme concentração e adição de nutrientes



# Aplicação da vinhaça enriquecida



- Nova tendência para aplicação de vinhaça enriquecida
- Vinhaças com teor de K entre 4 e 5 (maior conteúdo de melão no mosto)
- Aplicação de 30 m<sup>3</sup>/ha

# Aplicação Vinhaça concentrada



# Histórico do uso da vinhaça

1950-60

- Descarte em rios e corpos de água

1970

- Descarte em áreas de sacrifício

1980

- Fertirrigação  
Uso vinhaça com base no K fertilizante

2005

- Normativa Cetesb

2015

- Concentração da vinhaça, uso como base para fertilizante fluido
- Tratamentos da vinhaça - Uso para produção energia - biogás

# Opções Tratamento e Uso da vinhaça

Tratamento Fisico Quimico

Biodigestão

Queima nas caldeiras

# Tratamento físico químico

- Tentou-se na década de 70, desenvolver um método de tratamento físico-químico da vinhaça. Hoje é uma opção

Neutralizar  
com leite de  
cal

Adicionar  
polieletrólitos  
(floculantes)

Decantação

Lodo: poderia ser  
seco e utilizado  
como base para  
biofertilizantes

# Queima em caldeiras

Necessita concentração para depois ser queimada nos fornos da caldeira.

A concentração deve ser da ordem de 50-60%.

Quanto > a concentração, melhor a queima, pois > é o poder calorífico concentrado.

## **Vantagens:**

- Elimina bombeamentos à lavoura, canalizações, canais de distribuição,
- O resíduo final da queima é basicamente o potássio que precipita e é recuperado junto com as cinzas;
- A queima deste concentrado de vinhaça gera energia calorífica nos fornos da caldeira e, portanto, vapor – há ganho energético em sua queima;
- Não há nenhuma relação vinhaça/meio ambiente. A vinhaça desaparece como efluente e a usina pode-se dizer não gera mais este tipo de efluente.



## Desvantagens:

Outros componentes presentes na vinhaça perdem-se na queima: mo, nitrogênio, fósforo e sulfatos;

Exige que a vinhaça seja concentrada a no mínimo 50° Brix – Como dito anteriormente, o consumo de vapor na concentração é elevado, podendo comprometer o balanço térmico da planta;

Os investimentos iniciais são altos;

Necessário desenvolver tecnologia para verificar se caldeira está preparada

Requer mais estudos que comprovem ganhos energéticos do sistema



Fonte: Cherubin (2016)

Ocorre degradação da matéria orgânica da vinhaça, por bactérias anaeróbicas que resultam em gases (basicamente o metano e o gás carbônico), chamados de biogases.

Consegue-se reduzir a carga orgânica da vinhaça em 70%.

## Biodigestão

Anos 70 teve baixo interesse - elevado tempo de biodigestão e alto custo  
 Hoje tempo da biodigestão é de 20 h a biodigestão voltou a ser atrativa.

# Biodigestão da vinhaça

## BIODIGESTÃO TERMOFÍLICA *CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS*

	<b>VINHAÇA IN NATURA</b>	<b>VINHAÇA BIODIGERID</b>
<b>pH</b>	4,0	6,9
<b>DQO (g/l)</b>	29,0	9,0
<b>N TOTAL (mg/l)</b>	550	600
<b>N AMON. (mg/l)</b>	40	220
<b>P TOTAL (mg/l)</b>	17	32
<b>SULFATO (mg/l)</b>	450	32
<b>POTÁSSIO (mg/l)</b>	1.400	1.400

# Outros Processos:

- Osmose Reversa - a vinhaça é passada por pressão por uma membrana seletiva, no permeado há redução de DQO de 90%. É um processo caro com grande consumo energético e dificuldade em encontrar uma membrana adequada
- Reciclagem industrial: A vinhaça gerada é usada até 15 vezes para diluir o melaço antes da fermentação, isto reduz o volume de vinhaça para 1 a 2 litros por litro de álcool destilado.
- Produção de biomassa proteica fúngica ou unicelular: necessidade de tratamento posterior
- Lagos aeróbicos de aguapé ou algas: produção de biomassa vegetal a partir da remoção da matéria orgânica e nutriente da vinhaça, podendo ser aproveitada na ração animal, para produção de biogás, ou de óleo para biodiesel.

# Outros usos

- Fertilizante para outras culturas
- Alimentação animal
- Solo cimento
- Impermeabilização de estradas
- Produção de energia fermentação anaeróbia
- Produção de proteínas na fermentação aeróbia

# ECONOMIA EM KCl PELO USO DA VINHAÇA

KCl - dose 120kg/ha K<sub>2</sub>O  
área de 9 milhões ha

120 kg/ha. 9 milhões ha = 1.080.000 t K<sub>2</sub>O ou 1.800.000 t KCl

Resíduos	Nutrientes			Volume de Resíduos	Nutrientes retornados (t/ano)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
	---- g/m <sup>3</sup> vinhaça----						
<b>Vinhaça***</b>	375	60	2035	560 bilhões L/ano	210.000	33.600	1.139.600

\*\*\*Supondo produção de 33 bilhões L e geração vinhaça de 13L/L álcool

1.139.600 t/ 9 milhões ha = 126 kg K<sub>2</sub>O/ha

1.900.000 t KCl



# **Vinhaça e impactos ambientais**

**Gases efeito estufa**

**Monitoramento ambiental**

**Praticas que minimizem impactos no solo e no ar**

# Conclusões

- Vinhaça – produto com alto valor poluente, mostrou-se de alto valor agronômico
- Tecnologia e Pesquisa foi preponderante para permitir seu uso com baixo impacto ambiental
- Vinhaça é um resíduo com nutrientes mas precisa ser complementado
- Novos processos de tratamento e produção de energia a partir da vinhaça
- Aplicação vinhaça como fertirrigação é ainda a alternativa econômica e contribuiu para a fertilidade dos solos e produtividade
- Necessita monitoramento ambiental

*Obrigada!*

[raffaella@apta.sp.gov.br](mailto:raffaella@apta.sp.gov.br)

USINA DA PEDRA  
DE PROPRIEDADE  
DO SR. PEDRO BIAÇI  
DISTRITO DE SERRANA  
GRAVINHOS



1931



# A Geração Termoelétrica com a Queima do Bagaço de Cana-de-Açúcar no Brasil

Análise do Desempenho da Safra 2009-2010

Março de 2011

