

IMPACTOS AMBIENTAIS ORIUNDOS DO DESCARTE INCORRETO DA VINHAÇA

Data de aceite: 01/08/2023

João Henrique Spinelli

Curso Superior de Tecnologia em
Agronegócio
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga
– Taquaritinga – São Paulo – Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-6644-0568>

Gilberto Aparecido Rodrigues

Curso Superior de Tecnologia em
Agronegócio
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga
– Taquaritinga – São Paulo – Brasil
<https://orcid.org/0000-0001-9532-120X>

Kátia Cristina Galatti

Curso Superior de Tecnologia em
Agronegócio
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga
– Taquaritinga – São Paulo – Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-6555-2370>

Vanessa Amaro Vieira

Curso Superior de Tecnologia em
Agronegócio
Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga
– Taquaritinga – São Paulo – Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-0454-5713>

Isabel Cristina Rodrigues Cestari

Curso Superior de Tecnologia Gestão de
Negócios e Inovação
Faculdade de Tecnologia de Ribeirão
Preto
– Taquaritinga – São Paulo – Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-0777-5314>

Jakeline Campos do Amorim

Curso Superior de Tecnologia em
Biocombustíveis
Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal
– Jaboticabal – São Paulo – Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-3753-1000>

Uanderson Mendes da Silva

Fundação de Ensino Pesquisa e Extensão
Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias de Jaboticabal
– Jaboticabal – São Paulo – Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-0147-4107>

RESUMO: A cana-de-açúcar é uma cultura de grande expressão no Brasil, com destaque aos seus produtos como o açúcar e o etanol. A vinhaça é um subproduto dessa cultura, a qual é produzida em grande volume e se descartada de forma incorreta impacta negativamente o meio ambiente. Dentro desse contexto, o objetivo deste estudo é mostrar os problemas ambientais oriundos do descarte incorreto da vinhaça e como estes podem ser solucionados. Como metodologia foi utilizada Revisão de Literatura. Os resultados encontrados mostraram que o descarte ainda continua a ser realizado de forma errada no solo, e em

alguns rios, o que acaba por ocasionar grandes impactos ao meio ambiente, indo em desacordo com as leis normatizadoras de seu aproveitamento e descarte. A fertirrigação da cultura da cana-de-açúcar é permitida desde que atenda as normas Norma Técnica P4.231(jan-2005) e a Normativa COPAM nº 164 (30/03/2011). A nova tecnologia de aproveitamento da vinhaça para a produção de biogás é uma alternativa plausível para o aproveitamento e descarte deste resíduo.

PALAVRAS-CHAVE: Setor Sucroenergético. Resíduo agroindustrial. Resíduo sucroalcooleiro. Vinhoto

ENVIRONMENTAL IMPACTS ARISING FROM INCORRECT DISPOSAL OF VINHAÇA

ABSTRACT: Sugarcane is a highly valued crop in Brazil, particularly for its derivatives such as sugar and ethanol. Vinasse is a by-product of this crop, which is produced in large quantities and, if it is not properly disposed, has a negative impact on the environment. Within this context, the objective of this study is to show the environmental problems arising from the incorrect disposal of vinasse and how they can be solved. The methodology used is a bibliographic review. The results found show that disposal still continues to be carried out incorrectly in the soil, and in some rivers, up causing major impacts to the environment and going against the normative laws of its use and disposal. Fertirrigation of sugarcane crops is allowed provided that it meets the norms Technical Standard P4.231 (Jan-2005) and COPAM Regulation No. 164 (03/30/2011). The new technology used to produce biogas from vinasse is a suitable alternative to the use and disposal of the residues.

KEYWORDS: Sugarcane Sector. Agroindustrial waste. Sugar and alcohol waste. Vinasse

1 | INTRODUÇÃO

Em 1975 o Brasil cria através do decreto nº 76.593 o Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL) cuja finalidade era intensificar a produção do álcool para substituir a gasolina. O álcool deveria ser proveniente da cana-de-açúcar, da mandioca ou de qualquer outro insumo (BRASIL, 1975).

Araújo e Oliveira (2016) descrevem que a substituição da gasolina pelo etanol, trouxe um crescimento maior para o setor sucroalcooleiro. Além dos menores custos desse combustível, os impactos ambientais trazidos pelo uso do mesmo são bem menores, o que desperta o interesse dos consumidores.

Zait (2019) descreve que a vinhaça é um dos resíduos do etanol e que devido ao seu alto volume produzido passou a ganhar a preocupação sobre o seu destino, uma vez que a vinhaça, é um material orgânico constituído de potássio, cálcio e magnésio. Devido ao seu alto volume, a vinhaça passou a ser usada no processo de fertirrigação usada como fertilizante nas plantações de cana-de-açúcar.

A vinhaça é produzida em grande volume, e que seu descarte feito de forma incorreta ao meio ambiente pode causar grandes impactos, tanto a flora como a fauna. Embora seja usada na fertirrigação, o volume excessivo da vinhaça não consegue ser absorvido pelo solo em sua totalidade o que causa grandes problemas ambientais (OLIVEIRA; ARAÚJO,

2016).

O objetivo deste estudo é mostrar os impactos ambientais oriundos do descarte incorreto da vinhaça e possíveis alternativas para solucionar tais problemas, pois de nada adianta ter um combustível sustentável, se para a produção deste os impactos ambientais continuam.

2 | PRODUÇÃO E DESCARTE DA VINHAÇA

2.1 Produção da vinhaça

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar, nas safras dos anos de 2020 e 2021 a produção foi de 654,5 milhões de toneladas, dos quais 41,2 milhões de toneladas de açúcar e 29,7 bilhões de litros de etanol. Só em São Paulo, a produção foi de 54,1% da quantidade produzida, dos quais 48,4% foi de etanol (14,3 bilhões de litros) e 63,2% do açúcar (26,0 milhões de toneladas) (CONAB, 2021).

Silva (2017) ressalta que a produção de vinhaça é proporcional a produção de etanol, e descreve que são produzidos cerca de 16 litros de vinhaça para a produção de 1 litro de etanol. O autor descreve que a vinhaça tem variações de sua composição segundo a forma de preparo do mostro, do processo de fermentação alcoólica, tipo de levedura, destilação e preparação da flegma.

A figura 1 mostra o processo de obtenção da vinhaça, na geração dos subprodutos do etanol.

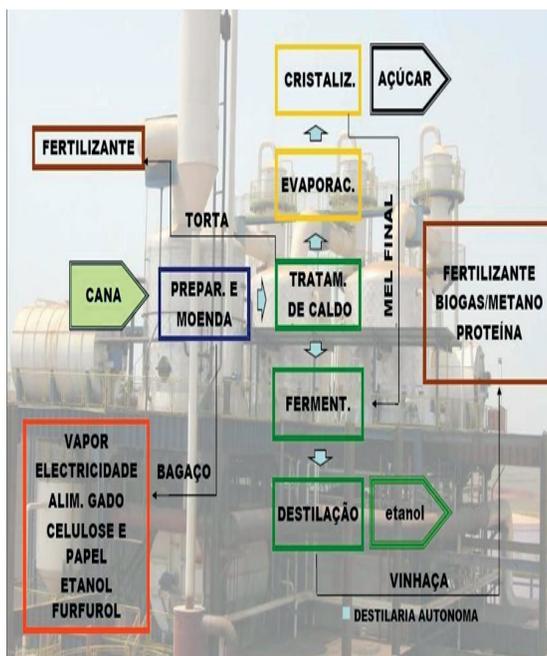


Figura 1: Processo de obtenção da vinhaça

Fonte: SEBRAE (2009)

Sobre a composição da vinhaça, a mesma é um composto ácido, inicialmente de coloração parda, e que se torna escura devido a oxidação resultado do processo de fermentação, esse composto tem um odor forte (SILVA *et al.*, 2014; PEDRO-ESCHER *et al.*, 2016; CORREIA *et al.*, 2017).

Freire e Cortez (2017) explicam que a vinhaça é considerada um efluente das destilarias e que tem alto poder poluente, cem vezes o equivalente ao esgoto doméstico, fator oriundo da sua riqueza em matéria orgânica, baixo pH, alta corrosividade e altos índices de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), além de elevada temperatura ao sair dos destiladores, o que ocasiona nocividade a fauna e a flora.

A vinhaça é um efluente composto de 93% de água e 7% de sólidos. Do total dos sólidos 75% são constituídos matéria orgânica, formada por ácidos, com graduação alcoólica não superior a 0,03°GL (ARAÚJO; OLIVEIRA, 2016). Nesse aspecto, Lima *et al.* (2016) explicam que se a produção de etanol tem um volume considerável, é preciso pensar que o volume da vinhaça é um tanto maior, fator de grande preocupação uma vez que esse efluente precisa ser descartado.

2.2 Descarte da vinhaça

Segundo Silva (2017) o grande volume de vinhaça e a necessidade do descarte desse subproduto trouxe grande preocupação e estratégias sobre o seu destino começaram a ser pensadas. Surge então a ideia do processo de fertirrigação, no qual a vinhaça é usada como fertilizante nas plantações de cana-de-açúcar, tendo como função o adubamento e irrigação, aumentando a produtividade. Dentro desse contexto a fertirrigação foi a alternativa mais viável para o descarte menos impactante da vinhaça ao meio ambiente.

Rebelato *et al.* (2019) descreve que no Brasil a maior parte da vinhaça produzida é destinada a cultura da cana-de-açúcar como forma de aproveitamento desse subproduto. A vinhaça acaba por satisfazer as necessidades de nutrientes da cana-de-açúcar uma vez que é constituída de potássio (K) além do fósforo (P) e do nitrogênio (N), numa ordem de menor importância. A fertirrigação também atende as demandas de água da cultura uma vez que o processo da safra acontece paralelamente ao processo de estiagem.

Lima (2013) aponta que o uso da vinhaça para a fertirrigação nas lavouras de cana-de-açúcar é bastante lucrativa, pois a utilização desse efluente apresenta economia no que tange a compra de fertilizantes.

Previtali (2011) explica que o descarte da vinhaça nas lavouras de cana-de-açúcar precisa seguir alguns critérios, como forma de conhecimento acerca da quantidade de nutrientes depositados no solo, uma vez que excesso e falta podem prejudicar a produtividade da planta.

A vinhaça quando descartada de forma errada pode impactar de forma negativa o

meio ambiente, contaminando de forma significativa os ecossistemas, fator ocasionado, pois a vinhaça pode ter ainda em sua composição açúcares e etanol (LIMA, 2013).

2.3 O descarte da Vinhaça e os Impactos Ambientais

De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA) (2017) o processo da cadeia produtiva da cana-de-açúcar tem muitas etapas e se estas não forem realizadas dentro dos padrões necessários, podem provocar impactos ambientais de grandes proporções especialmente associados ao solo e a água.

Piacente (2005), assim como Machado e Silva (2010), explicam que a agroindústria sucroenergética, embora tenha grande destaque especialmente no setor econômico, tem sido palco de discussões acerca dos impactos ambientais negativos oriundos de seus processos. Vale destacar os impactos nas bacias hidrográficas em que cada usina faz parte, principalmente naquelas com menor disponibilidade de água, com destaque nas áreas onde a irrigação do canavial é necessária.

Rebelato *et al.* (2019) afirma que a produção sucroenergética tem alta capacidade de contaminação dos mananciais, média no solo e pequena na atmosfera. Bem como, a atentar nas resoluções deles que exigem complexidade devido a grandes diversidades na natureza química e física, além dos efeitos nocivos que eles podem ter dependendo do seu destino.

Fernandes Filho e Araújo (2017) descrevem que até a década de 70 (período onde a produção intensa de etanol ainda não acontecia de forma considerável) os volumes de vinhaça tinham seus descartes feitos em mananciais superficiais. Esse descarte acabava impactando a autorregulação e autorreprodução dos ecossistemas.

Para Moraes (2015) a vinhaça é riquíssima em matéria orgânica (variando de 20.000 a 35.000 mg/L) e tem pH ácido, na faixa de 5 a 5,5. Além disso, é o mais relevante resíduo, devido ao grande volume gerado. Para a produção de um litro de etanol, é gerado por volta de 13 litros de vinhaça, essa quantidade depende da tecnologia que é empregada nas usinas ou destilarias.

Esse resíduo apresenta alta concentração de nutrientes, principalmente potássio (K), e de matéria orgânica, a legislação brasileira determina aplicação de vinhaça no solo com base na quantidade de potássio, todavia desvale a matéria orgânica e as emissões de gases de efeitos estufa (BARROS, *et al.* 2010).

Segundo Moraes *et al.* (2015) o descarte excessivo da vinhaça no solo, aumenta a salinização, a lixiviação de metais, bem como emissões de gases de efeito estufa e contaminação de águas subterrâneas. Os autores descrevem que em casos da vinhaça gerada de etanol de segunda geração os casos se tornam mais complexos, uma vez que não há legislação para o descarte desse subproduto e o mesmo não pode ser utilizado como fertilizante nas lavouras de cana-de-açúcar.

3 | METODOLOGIA

A pesquisa traz uma revisão de literatura, a qual de acordo com Galvão e Ricarte (2012) é utilizada para a realização da análise dos trabalhos publicados que oferecem uma investigação na literatura.

A motivação desse estudo está relacionada a importância da realização dos processos de produção sem que haja impacto negativo ao meio ambiente e o descarte incorreto da vinhaça vai de encontro a essa realidade.

A coleta de dados foi realizada entre julho e agosto de 2022. A Revisão de Literatura foi realizada por meio da consulta no Google Acadêmico e em sites específicos do governo como CONAB, ÚNICA e ANA. Foram consultados artigos e monografias.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante do exposto na literatura, fica claro que o descarte da vinhaça de forma incorreta pode trazer muitos prejuízos ao meio ambiente. A cana de açúcar produz diversos subprodutos os quais em sua maioria traem problemas atmosféricos, para a água e solo.

Fernandes Filho e Araújo (2017) descrevem que a necessidade de reduzir os impactos ambientais fez com estudos fossem realizados no que diz respeito ao descarte correto da vinhaça ou sua melhor utilização como forma de reduzir o volume, que é um dos fatores que causa a contaminação em solos e mananciais.

A figura 2 mostra a proporção do prejuízo do descarte da vinhaça às águas, à atmosfera e ao solo.

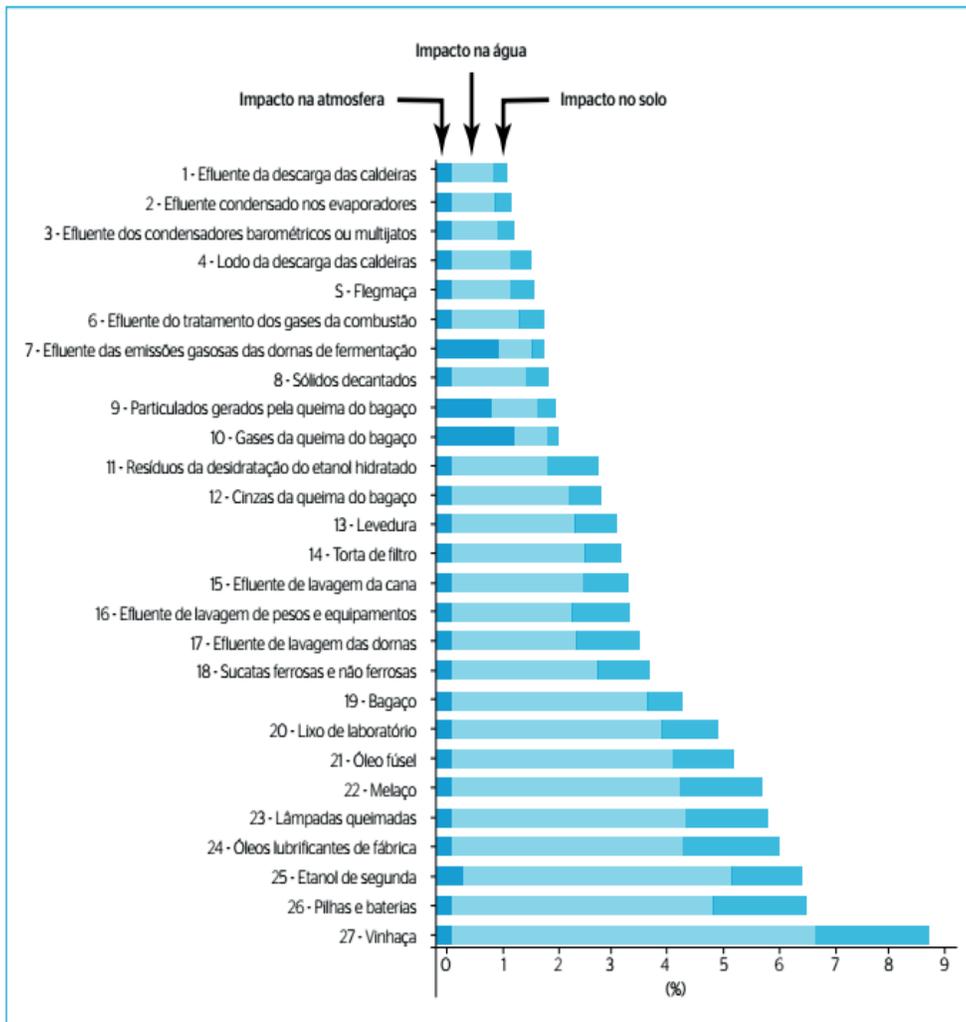


Figura 2: Contaminação ambiental

Fonte: Rebelato *et al.* (2019)

Analisando a figura 2 fica claro o impacto negativo da vinhaça em relação a outros materiais de considerável nocividade.

A concentração da vinhaça consiste na retirada de água desse efluente, sem que sejam perdidos os sólidos. A concentração da vinhaça pode ser nova fonte de água para indústria sucroenergética, além de diminuir o volume a ser transportado para o campo, o que traz menos impacto hídrico contra poluição e redução nos custos de fertilização.

Em 2015 o Brasil assumiu o compromisso voluntário na COP21 para reduzir em 43% suas emissões de gases de efeito estufa, e essa meta deve ser atingida até 2030. Dentro dessa realidade a produção de etanol tende a aumentar e deve dobrar até 2030

passando dos 27 bilhões de litros para cerca de 50 bilhões de litros anuais. Diante desse contexto fica claro que a produção de vinhaça também crescerá e em números muitos maiores (ÚNICA, 2019).

Freire e Cortez (2017) descrevem que a partir da concentração da vinhaça é possível obter o metano, sendo possível a produção do biogás para a geração de energia elétrica ou térmica e ainda pode ser feito o reaproveitamento da água contida na vinhaça in natura.

A Resolução nº 482 confirmada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em 2012, permitiu a geração de energia pelo consumidor a partir de alternativas renováveis. A normativa facilitou a viabilização do biogás. Sendo assim é possível perceber que a vinhaça pode ter outro destino que não a fertirrigação.

Pinto et al. (1999) descrevem que a busca por novos destinos para a utilização da vinhaça, acarretou a descoberta da geração do biogás, o qual é oriundo da digestão anaeróbia em reatores de alto desempenho. Além do biogás, a queima da vinhaça pode ocasionar a transformação do gás produzido em eletricidade e gás natural.

Rodrigues et al. (2012) explicam que o biogás é constituído de metano e dióxido de carbono, onde a incidência do metano varia entre 40 a 75% da composição total, o que faz com que o biogás produzido pela vinhaça da cana-de-açúcar tenha um importante potencial energético, visto que segundo os autores a qualidade do gás tem relação direta com a concentração de metano.

Embora de forma tímida a energia produzida por meio do biogás passou a ser inserida no cenário brasileiro, e mesmo que os números ainda sejam pequenos, a capacidade tem crescido de forma considerável. Em 2016 o Brasil alcançou 120 MW de capacidade sobre a instalação de geração elétrica proveniente do biogás, valor considerável e seis vezes maior do que os dados de 2007. Vale ressaltar que 95% desses valores estão relacionados as plantas que usam resíduos sólidos urbanos (RSU)(BNDES, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cana de açúcar desde sua vinda para o Brasil, sempre teve destaque econômico, seja pela sua aceitação nas terras Brasileiras, pelos seus produtos e pelo número de empregos que gera.

Devido ao etanol e sua grande procura pelo custo e pela redução dos impactos ambientais pelo seu uso, o setor sucroalcooleiro cresceu de forma considerável e assim como em todos os setores o excesso de produção trouxe impactos ambientais.

O grande volume de vinhaça produzido a partir do etanol trouxe preocupações iniciais do que fazer com esse subproduto. Surge então a ideia do processo de fertirrigação, mas o excesso de volume de descarte, ainda trazia grandes impactos ambientais, especialmente ao solo, que não tinha capacidade de absorver esse volume excessivo de efluente.

Visto os impactos ambientais da fertirrigação, surge a alternativa de concentração

da vinhaça, da qual pode ser extraído o biogás, além de muitas utilidades como visto acima. É preciso, portanto, que o setor sucroalcooleiro invista mais no que tange ao destino final da vinhaça, respeitando sempre a necessidade de trazer sustentabilidade ao processo produtivo, de forma a proteger o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Manual de conservação e reúso da água na agroindústria sucroenergética**. Brasília: Agência Nacional das Águas – FIESPÚNICACTC, 2017. Disponível em: Disponível em: <http://www.fiesp.com.br/ambiente/downloads/publicaguab.pdf> . Acesso em: 13 set. 2022.

ARAUJO, G. J. F.; OLIVEIRA, S. V. W. B. Vinhaça - conceito, desafios e oportunidades: uma revisão bibliográfica. In: XXIII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Gestão de Operações em Serviços e seus Impactos Sociais, Bauru, SP, p. 1-14, 2016.

BARROS, R. P. de; VIÉGAS, P. R. A.; SILVA, T. L. da; SOUZA, R. M. de; BARBOSA, L.; VIÉGAS, R. A.; BARRETO, M. C. de V.; MELO, A. S. de. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 341-346, jul./set. 2010.

BRASIL. **Decreto nº 76.593, de 14 de Novembro de 1975**. Institui o Programa Nacional do Álcool e dá outras Providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-76593-14-novembro-1975-425253-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 20 set. 2022.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - **Série Histórica das Safras**. Brasília: 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 20 ago. 2022.

CORREIA, J. E.; CHRISTOFOLETTI, C. A.; ANSOAR-RODRÍGUEZ, Y.; GUEDES, T. A.; FONTANETTI, C. S. Comet assay and micronucleus tests on *Oreochromis niloticus* (Perciforme: Cichlidae) exposed to raw sugarcane vinasse and to physicochemical treated vinasse by pH adjustment with lime (CaO). **Chemosphere**, v. 173, p. 494-501, 2017.

FERNANDES FILHO, F. E.; ARAÚJO, G. J. F. de. Normativos federais e estaduais reguladores da destinação da vinhaça no Brasil: uma proposta de nova abordagem. **RACEF – Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**. v. 7, n. 3, p. 146-160, 2016. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-que-e-etanol,ac3d438af1c92410VgnVCM100000b272010aRCRD> . Acesso em: 03 set. 2022.

GALVÃO, M. C. B.; RICARTE, I. L. M. **Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação**. 2012. Disponível em: <https://sites.usp.br/dms/wp-content/uploads/sites/575/2019/12/Revis%C3%A3o-Sistem%C3%A1tica-de-Literatura.pdf>. Acesso em: 5 set. 2022.

LIMA, F. de A.; DOS SANTOS JUNIOR, A. C.; MARTINS, L. C.; SARROUH, B.; ZANETTI LOFRANO, R. C. Revisão sobre a toxicidade e impactos ambientais relacionados à vinhaça, efluente da indústria sucroalcooleira. **Cadernos UniFOA**, Volta Redonda, v. 11, n. 32, p. 27–34, 2016. DOI: 10.47385/cadunifoa.v11.n32.465. Disponível em: <https://revistas.unifoa.edu.br/cadernos/article/view/465>. Acesso em: 13 set. 2022.

MORAES, B. S.; ZAIAT, M.; BONOMI, A. Anaerobic digestion of vinasse from sugarcane ethanol production in Brazil: Challenges and perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 888–903, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115000337>. Acesso em: 20 set. 2022.

PEDRO-ESCHER, J.; CHRISTOFOLETTI, C.A.; ANSOAR-RODRÍGUEZ, Y.; FONTANETTI, C.S. Sugarcane vinasse, a residue of ethanol industry: toxic, cytotoxic and genotoxic potential using the *Allium cepa* test. **Journal of Environmental Protection**, v.7, p.602-612, 2016. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=65339>. Acesso em: 2 mar. 22 set. 2022.

PIACENTE, F. J. **Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental**: o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí. 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/zeus/auth.php?back=http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/docume nt/?code=vtls000386200&go=x&code=x&unit=x>. Acesso em: 22 set. 2022.

PINTO, C. P. **Tecnologia da digestão anaeróbia da vinhaça e desenvolvimento sustentável**. [sn], 1999. Citado na página 14.

PREVITALI, N.R. **Uso de vinhaça para fertirrigação**. Araçatuba, 2011

REBELATO, M. G.; MADALENA, L. L.; RODRIGUEZ, A. M. Análise do desempenho ambiental das usinas sucroenergéticas localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. Artigo Técnico. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 21, n. 3, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016126712>. Acesso em: 10 set. 2022.

RODRIGUES, A.; SANTOS, R. F.; AVACI, A. B.; ROSA, E. A.; CHAVES, L. I.; GASPARIN, E. Estimativa do Potencial de Geração de Energia Elétrica a Partir da Vinhaça. **Acta Iguazu**, v.1, n.2, p. 80-93. Cascavel, 2012. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/download/7040/5192/25367>. Acesso em: 10 set. 2022.

SEBRAE. **O que é etanol?** 2016. Disponível em: <http://www.datamaq.org.br/sebrae/Article.aspx?entid=dcabc09b-2433-de11-a973-0003ffd062a1>. Acesso em: 20 set. 2022.

SILVA, R. O. da. **Estratégias para mitigação de impactos econômico e ambiental gerados pela vinhaça em destilarias de etanol**. 2017. 122 f. Tese (doutorado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Maringá, 2017, Maringá, PR. Disponível em: <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/6162>. Acesso em: 20 set. 2022.

SILVA, A. P. M.; BONO, J. A. M.; PEREIRA, F. A. R. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 38-43, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/YSZnrzRVh39DRYz4KmpWSFg/?lang=pt>. Acesso em: 20 set. 2022.

ÚNICA. União da Indústria de Cana-de-açúcar. **Vinhaça**: biofertilizante e energia sustentável. 2019. Disponível em: <https://unica.com.br/noticias/vinhaca-biofertilizante-e-energia-sustentavel/>. Acesso em: 12 set. 2022.

ZAIT, M. **Vinhaça para gerar energia**. Revista da Fapesp. n. 238, 2015. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/vinhaca-para-gerar-energia/>. Acesso em: 22 set. 2022.