

Gestão dos resíduos poluentes das indústrias sucroenergéticas no estado de Alagoas

Management of polluting waste from sugarcane industries in the state of Alagoas, Brazil

Roney Calheiros de Novais¹, Ivomberg Dourado Magalhães², Giordano Bruno Medeiros Gonzaga³, Jailson Valério da Silva¹, Augusto César Cardoso de Melo¹, Aldair de Souza Medeiros⁴

¹Professor, Faculdade Pitágoras de Maceió, Maceió, Alagoas. E-mail: roneycalheiros@hotmail.com, jailson.valerio.silva@gmail.com, augusto.ccm@hotmail.com; ²Doutor em Agronomia, Produção Vegetal, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas. E-mail: ivomberg31@hotmail.com; ³Professor, Doutor, Departamento de Exatas, Centro Universitário Tiradentes, Maceió, Alagoas. E-mail: giordanogonzaga@gmail.com; ⁴Doutor em Agronomia, Produção Vegetal, Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo. E-mail: aldairmedeiros@gmail.com.

ARTIGO

Recebido: 27/07/2021
Aprovado: 23/09/2021

Palavras-chave:

Açúcar
Etanol
Cana-de-açúcar
Vinhaça

RESUMO

Apesar dos impactos ambientais gerados pelos resíduos poluentes da indústria sucroenergética, estudos avaliando essa temática na região Nordeste do Brasil ainda são incipientes. Portanto, objetivou-se com este estudo avaliar os impactos ambientais dos resíduos poluentes produzidos pelas indústrias sucroenergéticas no estado de Alagoas. Foi realizado um levantamento, aplicando-se um questionário em três usinas e uma destilaria autônoma, localizadas no estado de Alagoas. As usinas estão identificadas neste estudo como usinas A, B, C e D. As quatro usinas conduziram a fermentação em batelada alimentada (processo descontínuo alimentado) e possuem dorna pulmão. Duas possuem dornas abertas e duas fermentadores fechados, para recuperação do etanol arrastado pelos gases desprendidos durante a fermentação etanólica. O questionário foi preenchido pelos responsáveis com dados operacionais de cada usina. Foi avaliada a moagem de cana, produção de açúcar, produção de etanol hidratado, produção de etanol anidro, kg de açúcar por tonelada de cana e litros de etanol por tonelada de cana, consumo de ácido sulfúrico e de ciclohexano; água utilizada na lavagem da cana e na lavagem dos gases liberados durante a fermentação. As usinas sucroenergéticas no estado de Alagoas avaliadas neste estudo, que produzem açúcar e etanol, além de outros subprodutos comercializáveis, utiliza métodos e processos produtivos com elevado potencial de impacto ambiental.

ABSTRACT

Despite the environmental impacts generated by polluting waste from the sugar-energy industry, studies evaluating this issue in the Northeast region of Brazil are still incipient. Therefore, the aim of this study was to evaluate the environmental impacts of polluting waste produced by sugarcane industries in the state of Alagoas. A survey was carried out, applying a questionnaire in three mill and an autonomous distillery, located in the state of Alagoas. The mills are identified in this study as mills A, B, C and D. The four mills carried out the fermentation in fed batches (batch fed process) and have a lung chamber. Two have open vats and two closed fermentors, for recovering the ethanol dragged by the gases given off during the ethanol fermentation. The questionnaire was filled out by those responsible with operational data from each mill. Sugarcane crushing, sugar production, hydrous ethanol production, anhydrous ethanol production, kg of sugar per ton of cane and liters of ethanol per ton of cane, consumption of sulfuric acid and cyclohexane were evaluated; water used to wash the sugarcane and wash the gases released during fermentation. The sugarcane mills in the state of Alagoas evaluated in this study, which produce sugar and ethanol, in addition to other marketable by-products, use production methods and processes with a high potential for environmental impact.

Key words:

Sugar
Ethanol
Sugarcane
Vinnase

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, sendo produzido em 2020 665,1 milhões de toneladas distribuídos em 8,6 mil hectares (CONAB, 2020). Nesta mesma safra, os maiores produtores brasileiros desta cultura

foram as regiões Sudeste (436,4 milhões de toneladas), Centro-Oeste (139,8 milhões de toneladas), Nordeste (50,9 milhões de toneladas), Sul (34,5 milhões de toneladas) e Norte (3,6 milhões de toneladas). Na região Nordeste do Brasil, o estado de Alagoas foi o maior produtor, com aproximadamente 18,1 milhões de toneladas em aproximadamente 299,0 mil ha

cultivados, que representa 35,6% do total produzido nesta região e 2,7% da produção nacional (CONAB, 2020).

A agroindústria sucroalcooleira brasileira tem enorme importância para o agronegócio nacional. Porém, esse setor recebe muitas críticas devido aos impactos ambientais que os processos industriais causam ao meio ambiente (REBELATO et al., 2013). Algumas dessas críticas estão relacionadas as várias etapas de processamento da cana-de-açúcar, em que se não gerenciadas adequadamente, podem provocar impactos ambientais negativos, sobretudo no solo e água (REBELATO et al., 2016). No entanto, ao contrário do que ocorre nos outros países, o setor sucroalcooleiro brasileiro produz cada vez mais de forma positiva e sustentável. O Brasil produz o etanol ecologicamente correto, sem causar impactos a camada de ozônio e é obtido a partir de fonte renovável (CONAB, 2020).

O Brasil é líder na produção de etanol de cana-de-açúcar. No entanto, apesar da indústria alcooleira brasileira possua elevada produtividade, nesse setor ainda é utilizado água como insumo produtivo de forma intensiva, o que consequentemente, gera grande quantidade de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, advindos do setor de produção (REBELATO et al., 2016). Dentre os resíduos gerados, estão o bagaço da cana-de-açúcar, proveniente da moagem da cana para extração do caldo, com teor de umidade de aproximadamente 50%, rico em polissacarídeos (açúcares complexos), como a celulose e a hemicelulose, além da lignina, mais conhecida por biomassa lignocelulósica (NOGUEIRA; GARCIA, 2013). A soma desses materiais compõe mais de 75% da biomassa vegetal e conferem resistência mecânica à planta (GUEVARA et al., 2017). O restante da biomassa é composto por substâncias como proteínas, óleos vegetais e minerais. Ademais, a vinhaça, resíduo da destilação do mosto fermentado para obtenção de etanol, apresenta altas Demandas Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Química de Oxigênio (DQO).

Diante deste cenário, embora exista estudos publicados na literatura avaliando os impactos dos resíduos poluentes da indústria sucroenergética ao meio ambiente (NOGUEIRA; GARCIA, 2013; REBELATO et al., 2016), trabalhos com essa temática nas indústrias alcooleiras da região Nordeste do Brasil, e mais especificamente, no estado de Alagoas, os estudos ainda são incipientes. Desse modo, objetivou-se com este estudo avaliar os impactos ambientais dos resíduos poluentes produzidos pelas indústrias sucroenergéticas no estado de Alagoas.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado com o intuito de avaliar os impactos ambientais gerados pelas indústrias sucroenergéticas no estado de Alagoas, e para isso foi realizado o levantamento de informações dos resíduos poluentes gerados em quatro usinas, especificamente durante as safras 2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017, sendo três usinas anexas (destilarias que estão acopladas a uma usina para produção de açúcar) e uma autônoma (unidade industrial que só produz etanol), esta última forneceu apenas dados das safras 2014/15 e 2015/16.

O levantamento das informações foi realizado por meio de questionário distribuído nas referidas unidades industriais no estado de Alagoas e de consultas informais aos responsáveis pelas respostas do questionário, além de outras questões de

caráter geral. Por questões de segurança, a identidade das usinas avaliadas será preservada neste estudo, em que as usinas/destilarias serão denominadas de A, B, C e D.

Cabe ressaltar que as usinas avaliadas nesse estudo conduziram a fermentação etanólica em batelada alimentada (processo descontínuo alimentado). Especificamente, as usinas B e C operam com dornas fechadas e recuperação do etanol arrastado pelos gases produzidos durante a fermentação, por meio de lavagem dos mesmos com água em coluna específica.

A análise das informações ocorreu por meio da quantificação dos resíduos derivados durante a produção de etanol e a destinação dos mesmos. As principais variáveis avaliadas foram: água usada na lavagem de cana-de-açúcar, preparação de mosto, limpeza de equipamentos e piso; bagaço de cana-de-açúcar (NOGUEIRA; GARCIA, 2013) e vinhaça produzida no processo de destilação para a produção de etanol (WANG et al., 2006).

No questionário, foram solicitadas informações como moagem de cana, produção de açúcar, produção de etanol hidratado, produção de etanol anidro, kg de açúcar por tonelada de cana e litros de etanol por tonelada de cana, consumo de ácido sulfúrico e de ciclohexano; água utilizada na lavagem da cana e na lavagem dos gases liberados durante a fermentação, entre outras, para que se possa ter uma visão geral de cada usina sucroalcooleira no estado de Alagoas.

No presente estudo, foram calculados os principais resíduos da cana (bagaço, vinhaça e CO₂ liberado) para cada safra. Para estes cálculos foi considerada a quantidade de bagaço (média estimada para Alagoas) presente em uma tonelada de cana e a quantidade de vinhaça (média estimada para Alagoas) obtida para cada litro de etanol produzido, em todas as usinas avaliadas (VASCONCELOS, 1983).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo, os principais resíduos da cana-de-açúcar (bagaço, vinhaça e CO₂ liberado na fermentação do mosto) foram calculados em cada usina avaliada para o estado de Alagoas, assim como foi realizado o cálculo geral para o Brasil durante as safras 2016/2017, 2016/2015 e 2014/2015 (Tabela 1). O bagaço de cana, vinhaça e CO₂ liberado na fermentação do mosto no estado de Alagoas representam, em média, 3,14%, 1,7%, 0,5%, respectivamente, de toda produção do Brasil. Além disso, essas usinas no estado de Alagoas produziu 1,8% e 0,9% de etanol anidro e hidratado do país, respectivamente.

A usina C produziu em média 571.740,1 toneladas de bagaço de cana nas três safras avaliadas neste trabalho. Este valor é 40% maior que o resultado produzido pela usina B, 57% maior que o da usina A e 89% maior que o destilaria D, com a média das duas safras que foi realizada a moagem (Figura 1A). Este derivado da cana-de-açúcar é armazenado e utilizado nas referidas usinas e destilaria autônoma para fins energéticos e o excedente é destinado a comercialização. Para este resíduo da cana-de-açúcar, Lunas (2014) discorre a importância do bagaço, entre os produtos e conjuntos gerados pela cana-de-açúcar, provendo a possibilidade ao setor de duas alternativas: processamento adicional ou comercialização. Vale ressaltar que, todas as usinas avaliadas no presente estudo declararam cumprir as resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) relativas à lavagem dos gases provenientes da combustão do bagaço.

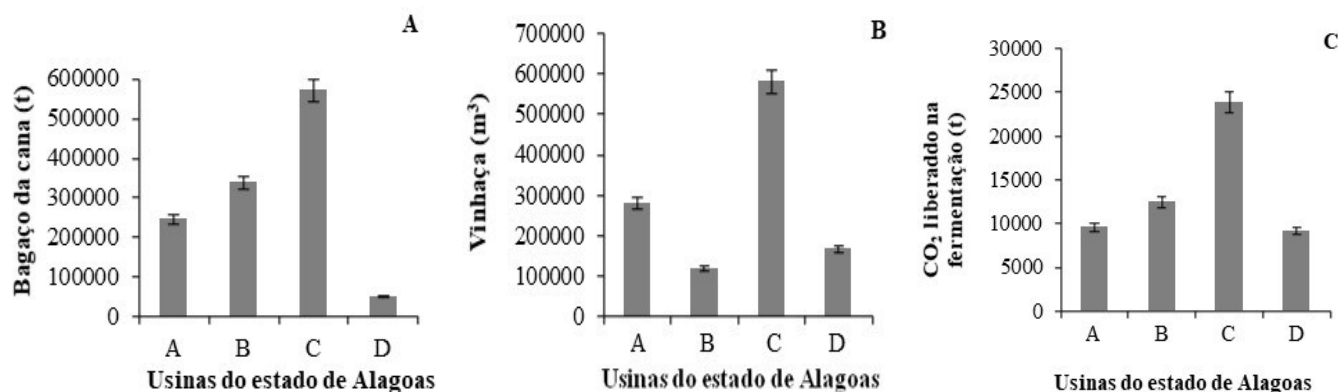
Tabela 1. Principais resíduos (bagaço, vinhaça e CO₂ liberado na fermentação) da cana-de-açúcar produzidas por três usinas (A, B e C) e uma destilataria autônoma (D) três safras (2016/2017, 2015/2016 e 2014/2015), para o estado de Alagoas e Brasil.

Resíduos (Total)	Usinas					
	2016/2017				Alagoas	Brasil
	A	B	C	D		
Bagaço (t)	211.390,8	237.083	498.639,4	-	4.969.610	182.515.480
Vinhaça (m ³)	204.470	215.090	527.682,1	-	4.979.000	327.048.000
CO ₂ etanol anidro (t)	7.703,9	10.172	21.770	-	208.296	8.746.168
CO ₂ etanol hidrat. (t)	3.410,9	1.462,6	9.111	-	83.004,1	12.151.953,5
*CO ₂ total (t)	11.114,8	11.634,6	30.881	-	291.300	20.898.121,5
	2015/2016					
Bagaço (t)	197.659,8	323.852,6	584.403,8	61.652,8	5.078.420	186.710.720
Vinhaça (m ³)	161.560	312.882,5	671.612,3	191.333	4.914.000	362.784.000
CO ₂ etanol anidro (t)	7.158,6	3.638,4	14.971,2	-	162.260	8.800.506
CO ₂ etanol hidrat. (t)	1.594,1	13.597	24.688	10.601	126.445	14.407.027,1
*CO ₂ total (t)	8.752,7	17.235,3	39.659,2	10.601	288.705	23.207.533,1
	2014/2015					
Bagaço (t)	332.671,5	455.242,9	632.177,3	89.521,8	7.165.650	177.499.560
Vinhaça (m ³)	321.496	524.738,2	543.472,5	303.870	7.215.000	341.760.000
CO ₂ etanol anidro (t)	10.682,7	5.906,9	23.113,3	-	278.482,7	9.115.968,8
CO ₂ etanol hidrat. (t)	6.833,5	23.004,1	8.672,5	16.837	144.287,5	12.722.897,5
*CO ₂ total (t)	17.516,2	28.911	31.785,8	16.837	422.770,2	21.838.833,3

*CO₂ liberado na fermentação em toneladas de CO₂.

Tendências semelhantes ocorreram para a produção da vinhaça, obtendo-se destaque também para a usina C, por ser a maior produtora de etanol (média das três safras estudadas, de 580.922,3 m³). As usinas B e A e a destilataria D (média das duas safras) produziram valores inferiores, na ordem de 61%, 72% e 80%, respectivamente (Figura 1B). Foi quantificado o dióxido de carbono (CO₂) liberado no processo de fermentação do mosto. Neste processo, o CO₂ é um importante subproduto do processo. Para esta variável, a usina C apresentou melhor desempenho devido a sua maior produção (média das três safras de 34.108,7 toneladas). Por outro lado, a usina B produziu apenas 19.260,3 toneladas, seguida pela usina D (13.719 toneladas), com média das duas safras que ocorreu a moagem e usina A com 12.461,2 toneladas (Figura 1C).

De acordo com o Grupo Exal (2008), diariamente as usinas e destilarias emitem grandes quantidades de CO₂ para a atmosfera, sendo, portanto, desperdiçada uma possibilidade de faturamento nessas indústrias. Neste sentido, Alexandre (2011), estudando a recuperação de CO₂ produzido nas dornas de fermentação, afirma que apesar de todo aproveitamento das unidades produtivas em relação a subprodutos, ainda há o CO₂ produzido no processo fermentativo, e este é uma fonte geradora de investimento que tem se mostrado vantajosa. Pois, além de sua comercialização como produto, pode ser negociado como créditos de carbono no mercado, já que o beneficiamento do CO₂ auxilia em uma ação sustentável, evitando que este gás seja lançado demasiadamente na atmosfera.

Figura 1. Média do bagaço (A), vinhaça (B) e do CO₂ liberado na fermentação etanólica (C), das usinas A, B, C e destilataria D durante as safras 2016/2017, 2015/2016 e 2014/2015.

Com relação as eficiências e rendimentos, as unidades industriais apresentaram resultados satisfatórios (acima de 80%) nas três safras avaliadas neste estudo (2016/2017, 2015/2016 e 2014/2015), com exceção da usina A para a variável eficiência geral de moagem, que alcançou 70% e 69% nas safras 2014/2015 e 2015/2016, respectivamente (Tabela 2). A destilataria D obteve média de eficiência geral de moagem,

eficiência de fermentação e eficiência de destilação de 70%, 81% e 99%, respectivamente, nas duas safras que foram possíveis de avaliar.

Alguns problemas que ocorrem durante o processo podem diminuir a qualidade do açúcar e a eficiência do processo, como por exemplo, a grande quantidade de sujidades na cana e limpeza na esteira da recepção ineficiente, falta de

Tabela 2. Eficiências e rendimentos da cana-de-açúcar de três usinas (A, B e C) e uma destilaria autônoma (D) no estado de Alagoas, durante as safras 2016/2017, 2016/2015 e 2014/2015.

EFICIÊNCIAS/ RENDIMENTOS	Usina/Destilaria			
	A	B	C	D
-----Saфра 2016/2017-----				
Eficiência geral de moagem (%)	79,33	87,48	86,61	-
Eficiência de fermentação (%)	85,70	93,8	89,89	-
Eficiência de destilação (%)	99,0	99,50	89,44	-
Kg de açúcar por tonelada de cana	93,91	98,37	100,17	-
Kg de mel por tonelada de cana	72,31	62,36	61,65	-
Litros de etanol por tonelada de cana	78,01	90,89	91,68	-
Consumo total de água (ton/cana)	-	1,8	1,2	-
CONSUMO DE INSUMOS				
Consumo de Ácido Sulfúrico (g/m ³ de Álcool)	4,165	9,95	4,6	-
Consumo Médio de Ciclohexano (gm ³ de Álcool)	0,43	6,13	2,59	-
-----Saфра 2015/2016-----				
Eficiência geral de moagem (%)	69,01	81,84	82,25	68,69
Eficiência de fermentação (%)	87,96	89,60	89,82	80,60
Eficiência de destilação (%)	99,0	99,50	89,38	99,25
Kg de açúcar por tonelada de cana	77,34	84,25	80,18	N/produz
Kg de mel por tonelada de cana	62,65	53,37	60,99	N/produz
Litros de etanol por tonelada de cana	71,33	79,67	83,06	70,45
Consumo total de água (ton/cana)	-	1,8	1,2	-
CONSUMO DE INSUMOS				
Consumo de ácido sulfúrico (g/m ³ de etanol)	4,2	10,5	4,4	-
Consumo médio de ciclohexano (g/m ³ de etanol)	0,57	3,8	1,2	-
-----Saфра 2014/2015-----				
Eficiência geral de moagem (%)	78,57	81,48	80,45	70,31
Eficiência de fermentação (%)	-	83,43	96,45	80,58
Eficiência de destilação (%)	99	99,5	95,97	99,27
Kg de açúcar por tonelada de cana	87,74	86,65	94,38	N/produz
Kg de mel por tonelada de cana	60,36	54,89	53,51	N/produz
Litros de etanol por tonelada de cana	74,70	77,54	94,96	70,61
Consumo total de água (ton/cana)	-	1,8	1,2	-
CONSUMO DE INSUMOS				
Consumo de ácido sulfúrico (g/m ³ de etanol)	3,3	9,98	4,78	-
Consumo médio de ciclohexano (g/m ³ de etanol)	0,49	5,92	2,89	-

assepsia durante o processo, alto teor de dextrana no açúcar, alto teor de cinzas no açúcar, não uniformidade no tamanho do açúcar, grande quantidade de “pó de açúcar”, e o alto teor de sacarose sendo enviada à destilaria (REBELATO et al., 2016).

Para a produção de açúcar por tonelada de cana, a usina C mostrou-se mais eficiente (média de 94,84 kg/toneladas de cana) que as demais estudadas nas três safras (2014/2015, 2015/2016 e 2016/2017). A usina B produziu em média 89,75 kg/toneladas de cana e a usina A, média de 86,33 kg/toneladas de cana. Esses dados não estão dentro da faixa ótima de eficiência definida por Bastian-Pinto et al. (2009). O referido autor descreve que uma usina de açúcar relativamente eficiente pode produzir 100 kg de açúcar a partir de cada tonelada de cana processada. Dessa forma, esses dados mostram que novas tecnologias sejam implementadas nessas usinas para melhorar a eficiência na produção de açúcar.

A quantidade de etanol por tonelada de cana processada é um parâmetro importante na análise de eficiência de uma usina/destilaria. Neste sentido, a usina com melhor desempenho nas três safras avaliadas foi a usina C, com média de 89,9 L/toneladas de cana, seguida pela usina B (média de 82,7 L/toneladas de cana) e pela usina A (média de 74,7 L/toneladas de cana). A destilaria D obteve o menor valor

médio, para a quantidade de etanol por tonelada de cana processada (70,5 L/toneladas de cana). As quantidades de etanol obtidos pelas usinas C e B são convergentes com Bastian-Pinto et al. (2009), quando indica que 80 litros de etanol por tonelada de cana processada é um valor satisfatório para uma usina. No entanto, para Cortez e Magalhães (1992) uma usina que gera aproximadamente 70 L/toneladas de cana está com bom índice de aproveitamento desta matéria prima.

As usinas B e C foram as únicas que mediram o consumo total de água por tonelada de cana processada nas três safras. Em ambas as usinas, o consumo foi 20 m³/toneladas de cana. O uso médio de água de uma usina com destilaria anexa, com produção de 50% de cana para açúcar e 50% para a produção de etanol resulta praticamente no valor de 22 m³/toneladas de cana (ELIAS NETO; NAKAHODO, 1995).

A análise desta variável é extremamente importante, visto que o consumo pelas usinas é de aproximadamente 880 milhões de m³, embora a maioria tenha circuitos de água fechados. No Brasil, atualmente funcionam 347 usinas, o que torna o país o segundo maior produtor de etanol do mundo, de acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) e do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa). Dessa forma, com a iminente diminuição dos reservatórios de água, é necessário tecnologias e políticas cada vez mais eficientes para reduzir os impactos ambientais para o setor canavieiro.

Para o consumo de insumos, como por exemplo, ácido sulfúrico e Ciclohexano, a usina B se mostrou menos eficiente, pois consumiu aproximadamente 50% a mais que as demais usinas anexas nas três safras avaliadas. O ácido sulfúrico é tido como um indicador da economia de uma destilaria, já que é um dos produtos químicos mais utilizados pela indústria e de custo bastante elevado. De acordo com Souza e Mutton (2004), o tratamento ácido é prática comum para o controle da infecção contida no fermento. Observa-se redução de 44,3% da contaminação microbiana em função do tempo e do vigor desse tratamento.

CONCLUSÃO

As usinas sucroenergéticas no estado de Alagoas, que produzem açúcar e etanol, além de outros subprodutos comercializáveis, utiliza métodos e processos produtivos com

elevado potencial de impacto ambiental, porém, existem usinas que adotam inovações na gestão dos resíduos produzido devido as novas leis de conscientização para o setor relacionadas as questões ambientais.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, A. F. F. Projecto de recuperação CO₂ a partir das unidades de Steam Methane Reforming da refinaria de Sines. 2011. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal, 2011.
- BASTIAN-PINTO, C.; BRANDÃO, L.; HAHN, W. J. Flexibility as a source of value in the production of alternative fuels: the ethanol case. *Energy Economics*, v.31, p.411-422, 2009. [10.1016/j.eneco.2009.02.004](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.02.004)
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar. terceiro levantamento, dezembro, 2020. Brasília: CONAB, 2020. v.7, Safra 2020/21, n.3. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>> Acessado em: 10 de junho de 2021.
- CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPPI, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. *Revista Brasileira de Energia*, v.2, n.2, p.1-17, 1992.
- ELIAS NETO, A.; NAKAHODO, T. Caracterização físico-química da vinhaça. Relatório Técnico. Piracicaba: Seção de Tecnologia de Tratamento de Águas do Centro de Tecnologia Copersucar, 206 p., 1995.,
- GRUPO EXAL. Piracicaba: Exal Brasil News. 1. ed., 2008. Disponível em: Acesso em 25 de setembro de 2014.
- GUEVARA, A. J. H.; SILVA, O. R.; HASEGAWA, H. L.; VENANZI, D. Avaliação de sustentabilidade da produção de etanol no Brasil: Um modelo em dinâmica de sistemas. *Brazilian Business Review*, v.14, n.4, p.435-447, 2017. [10.15728/bbr.2017.14.4.5](https://doi.org/10.15728/bbr.2017.14.4.5)
- LUNAS, A. L. Benefício econômico do bagaço de cana-de-açúcar: um estudo no setor sucroenergético do sudoeste goiano. 2014. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis), Universidade de Brasília, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Brasília – DF, 2014.
- NOGUEIRA, M. A. F. S.; GARCIA, M. S. Gestão dos resíduos do setor industrial sucroenergético: estudo de caso de uma usina no município de Rio Brillhante, Mato Grosso do Sul. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology*, v.17, n.17, p.3275-3283, 2013. [10.5902/2236117010444](https://doi.org/10.5902/2236117010444).
- REBELATO, M. G.; MADALENO, L. L.; RODRIGUES, A. M. Análise do desempenho ambiental das usinas sucroenergéticas localizadas na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.21, n.3, p.579-591, 2016. [10.1590/S1413-41522016126712](https://doi.org/10.1590/S1413-41522016126712)
- REBELATO, M. G.; MADALENO, L. L.; RODRIGUES, A. M. Ponderação do impacto ambiental dos resíduos e subprodutos da produção industrial sucroenergética. *Revista Gestão Industrial*, v.9, n.2, p.392-415, 2013. [10.3895/S1808-04482013000200006](https://doi.org/10.3895/S1808-04482013000200006) .
- SOUZA, M. A. C; MUTTON, M. J. R. Floculação de leveduras por *Lactobacillus fermentum* em processos industriais de fermentação alcoólica avaliada por técnica fotométrica. *Ciência e Agrotecnologia*, v.28, n.4, p.893-898, 2004. [10.1590/S1413-70542004000400023](https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000400023)
- VASCONCELOS, J. N. Estudo sobre a composição química da vinhaça de diferentes procedências no estado de Alagoas. *Saccharum Apc*, v.6, n.29, p.40-48, 1983.
- WANG, Y.-D.; Mo, Y.-C.; WANG, W. H.; LI, Y.-R.; YE, Y.-P. Effect of vinasse irrigation on the activity of three enzymes and agronomic characters at seedling stage of sugarcane. *Sugar Tech*, v.8, p.264-267, 2006. [10.1007/BF02943566](https://doi.org/10.1007/BF02943566)