

USO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA: ESTUDO DE CASO NO NOROESTE PAULISTA

Weslei Brito Barroquela, FEIS – UNESP, weslei.barroquela@unesp.br

João Miguel Mercês Bega, EESC – USP, joaobega@usp.br

Sabrina de Oliveira Anício, EESC – USP, sabrinadeoliveira@usp.br

Jefferson Nascimento de Oliveira, FEIS – UNESP, jefferson.nascimento@unesp.br

Resumo

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e conta com grandes áreas de terra e clima favorável para o desenvolvimento da cultura. A cana-de-açúcar utilizada no processo produtivo industrial gera etanol anidro e hidratado, açúcar e energia elétrica, importantes produtos para a economia nacional. Com a elevada produtividade do setor sucroenergético brasileiro, é notável a importância da gestão racional e eficiente dos recursos naturais em sua cadeia de produção, principalmente relacionada ao uso dos recursos hídricos. Nesse contexto, o presente trabalho buscou identificar, na última década, o consumo de água no processo produtivo da Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar, além de elucidar as tecnologias implantadas na área industrial que contribuíram para a redução do consumo. A metodologia adotada consistiu na obtenção de dados e informações de pesquisas bibliográficas, boletins técnicos e visitas de campo e na realização de entrevistas com os supervisores da empresa. A usina estudada apresentou redução de 34,88% no consumo de água na última década (0,86 [2012] e 0,56 [2021] m³ de água por tonelada de cana-de-açúcar). As principais tecnologias que contribuíram para essa redução foram: limpeza de cana-de-açúcar a seco; utilização de circuitos fechados; recuperação de condensados; reúso da água; e implantação do sistema de medição de vazão.

Palavras-chave: consumo de água, setor sucroenergético, indicadores de sustentabilidade, tecnologias industriais, reúso de água.

1. Introdução

A atividade canieira está presente no Brasil desde a sua formação histórica e, no início de sua colonização, o açúcar foi um dos fatores mais importantes no processo de ocupação territorial. Os colonizadores portugueses buscaram povoar a zona costeira brasileira com o objetivo de agregar mão-de-obra para a produção de açúcar, visando a sua exportação para o continente Europeu. Os engenhos canieiros eram instalados em regiões com disponibilidade de água doce para otimizar os processos agrícolas e industriais (*e.g.*, nas margens de rios, córregos e riachos) e auxiliar na geração de energia para movimentar as engrenagens das moendas utilizadas para a extração do caldo de cana-de-açúcar (GOES; MARRA; SILVA, 2008).

Apesar de sua importância para o desenvolvimento econômico do país (*e.g.*, crescimento regional e geração de renda por meio de empregos e melhores condições de trabalho), a agroindústria sucroenergética sempre teve a sua imagem ligada a danos ambientais. No passado, os recursos hídricos eram utilizados com abundância pelo setor e a disposição final dos efluentes gerados realizada, na maioria dos casos, sem o devido controle. No entanto, na década de 1990,



o setor começou a se preocupar com a sustentabilidade de seus processos produtivos em meio ao mercado competitivo que surgia, mudando, estrategicamente, a sua produção para um modelo mais organizado (SANTOS, 2009). Atualmente, os principais sinais positivos apontados pelo mercado sucroenergético são a gestão de seus processos, a incorporação tecnológica em larga escala e as estratégias de preservação ambiental (PIACENTE, 2005), além da modernização das áreas agrícolas com a colheita da cana-de-açúcar em forma verde, eliminando as queimadas e condições insalubres de trabalhos (MORAES; OLIVEIRA; CHAVEZ, 2015).

Por sua vez, o setor sucroenergético brasileiro é considerado o mais moderno e competitivo do mundo (GOES; MARRA; SILVA, 2008), ocupando o primeiro lugar na produção de cana-de-açúcar em razão da extensa área disponível para o cultivo da cultura e clima favorável para o seu desenvolvimento. No Brasil, aproximadamente 7,8 milhões de hectares são ocupados pelo plantio de cana-de-açúcar, o que representa 0,9% do território nacional (BORDONAL *et al.*, 2018). Especialmente, as usinas sucroenergéticas estão distribuídas de forma uniforme nos interiores da maioria dos estados brasileiros (IBGE, 2017). Essa distribuição gera impactos econômicos e sociais positivos quando comparada, por exemplo, com a produção de petróleo, na qual a localização das indústrias petrolíferas resulta, em sua maioria, no desenvolvimento econômico e social centralizado, limitado às cidades das regiões costeiras (PEREIRA, 2009).

Por mais que o Brasil possua grande disponibilidade hídrica, os gestores agroindustriais devem buscar sempre índices de consumo e perda de água cada vez mais restritivos (*i.e.*, com o intuito de preservar os recursos hídricos), adequando a sua produção com técnicas cada vez mais eficientes (FREITAS; FREITAS; SILVA, 2019). De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2009), por décadas as usinas utilizaram circuitos abertos para o resfriamento das caldeiras, além da técnica de lavagem da cana-de-açúcar para retirada de resíduos sólidos carregados durante a operação de corte da cultura (GONÇALES-FILHO; BARROS; CAMPOS, 2015). No entanto, o cenário de consumo supracitado tem mudado (ANA, 2019; TORQUATO; JESUS, 2019). Nos últimos 40 anos, o setor sucroenergético brasileiro reduziu o consumo de água no processo industrial em aproximadamente 95%, devido, sobretudo, ao reúso da água e à modernização das plantas produtoras. Apesar de tais melhorias, o setor ainda busca a redução do consumo hídrico e da geração de efluentes.

Atualmente, faltam informações na literatura sobre a evolução da utilização de água nos processos industriais das usinas sucroenergéticas brasileiras e, ainda, como a adoção de novas tecnologias contribuíram para a redução do consumo hídrico. Diante desse cenário, o objetivo do presente trabalho foi apresentar o consumo de água, nos últimos 10 anos, de uma usina sucroenergética do noroeste paulista, assim como identificar as tecnologias implantadas na área industrial no mesmo período. Os resultados obtidos no estudo podem contribuir para o desenvolvimento e a gestão integrada do uso da água no setor sucroenergético.

2. Referencial teórico

O setor sucroenergético obteve maior destaque a partir de sua ampliação na década de 1970, com o Programa Proálcool, incentivado pelo governo brasileiro, especialmente em razão da crise de petróleo ocorrida entre os anos de 1973 e 1979 (SILVA *et al.*, 2019). O setor se



IV SUSTENTARE & VII WIPIS
WORKSHOP INTERNACIONAL
Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos
 de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO GRATUITO TOTALMENTE ONLINE

Realização: SISTEMARE PUCAMP/PAIS

Apoio: Agência das Bacias PCJ, COMITÊS PCJ

sobressai pela grande escala de produção de açúcar, etanol e energia. A produção energética de fontes alternativas aos combustíveis fósseis adquiriu maior relevância nos últimos anos em decorrência da pressão do mercado internacional, sobretudo vinculada às metas de redução das emissões dos gases que causam o efeito estufa. Muitos países têm estabelecido metas de substituição do uso de combustíveis fósseis por biocombustíveis. Por outro lado, há também a preocupação com o uso de grandes extensões de terra para a produção e com o desmatamento de florestas para a ocupação agrícola (SPAROVEK *et al.*, 2009). Nesse sentido, a cultura da cana-de-açúcar é uma das principais alternativas para suprir a demanda energética de forma sustentável, uma vez que o seu cultivo apresenta alta produtividade em comparação com outras culturas agrícolas (IBGE, 2019; SABONARO *et al.*, 2017).

No Brasil, são poucas as culturas de grande relevância e, dentre todas as cultivadas, cinco ocupam 70% da área plantada na agricultura: arroz, cana-de-açúcar, milho, feijão e soja. A cultura de cana-de-açúcar é a terceira maior do país. À sua frente, estão apenas os plantios de soja (~ 36 milhões de hectares) e de milho (~ 13 milhões de hectares). A produção nacional de cana-de-açúcar foi fortemente estabelecida no Estado de São Paulo, combinando fatores de desenvolvimento econômico, tecnológico e científico com a disponibilidade de áreas para o seu plantio. Esse conjunto de sistemas tornou o estado de São Paulo o maior produtor brasileiro de açúcar e etanol (FURTADO *et al.*, 2011). Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2020), o país conta com 360 unidades sucroenergéticas em operação (estado de São Paulo: 151 unidades instaladas).

As usinas sucroenergéticas lançam nos cursos de água, sob a forma de águas residuárias, aproximadamente metade da água empregada nos seus processos de produção. No cenário mundial atual, cerca de 2 m³ de água são utilizados para processar 1 tonelada de cana-de-açúcar, resultando no descarte aproximado de 1 m³ de efluentes (PRAKASH; CAPOOR, 2018). De acordo com a ANA (2009), uma usina que processa 1 milhão de toneladas de cana-de-açúcar por ano e produz açúcar e álcool tem potencial de carga orgânica poluidora na safra equivalente, em média, a uma cidade de 1,5 milhões de habitantes. As águas residuárias geradas nas indústrias sucroenergéticas são constituídas pelos efluentes do processo industrial (*i.e.*, sistema de lavagem da cana-de-açúcar, lavagem de pisos, circuitos de resfriamento, purgas do sistema de lavador de gases da chaminé e sobra de águas condensadas). O sistema de tratamento mais comum é composto por decantação, flotação, resfriamento, separação de água e óleo e tratamento dos esgotos sanitários em estação compactas. A disposição final geralmente é realizada no solo em forma de irrigação com a vinhaça.

3. Metodologia

3.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido na Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar, com sede administrativa no município de Suzanópolis (SP) (20°23'21.49" S; 51° 1'56.21" W) (altitude: 380 m) e implantada em 2006. A empresa produz açúcar, etanol e energia elétrica por meio da queima do bagaço da cana-de-açúcar. O plantio com a cultura ocupa 27.000 hectares, abrangendo os

municípios de Pereira Barreto, Suzanápolis, Sud Mennucci, Santa Fé do Sul, Santana da Ponte Pensa, Três Fronteiras, Rubineia, Nova Canaã Paulista, Marinópolis, Ilha Solteira e Aparecida D'Oeste. As áreas de cultivo são, em sua maioria, arrendadas, com exceção do parque industrial e de uma propriedade de vegetação nativa adquirida para averbação da área de reserva legal. Atualmente, a colheita da cana-de-açúcar é 100% mecanizada e não utiliza a técnica de queimadas. A usina possui Licença de Operação (LO) emitida pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) para uma moagem de até 2,4 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por ano. Na referida licença há exigências técnicas de monitoramento ambiental em toda a cadeia de processos industriais e agrícolas, objetivando o acompanhamento das atividades da usina para redução e mitigação de impactos ambientais durante a sua operação.

3.1.1. Captação de água superficial

Como fonte principal de água para o seu abastecimento (~ 95%), a Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar executa a captação de água superficial nas margens do reservatório da usina hidrelétrica de Ilha Solteira - SP, na bacia hidrográfica do Rio São José dos Dourados (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI - 18). A unidade obteve outorga para captação de $1.000 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ de água emitida pela ANA (vencimento: julho/2024). O sistema empregado é o flutuante (*i.e.*, um conjunto de bombas flutuantes é responsável pela sucção da água do rio Paraná e seu recalque, por meio de uma tubulação [comprimento: 17 km], para um reservatório dentro da indústria). A água reservada é tratada e enviada para o processo industrial.

3.1.2. Captação de água subterrânea

Nos primeiros anos de funcionamento da unidade, toda a água utilizada no processo produtivo advinha de 8 poços (vazão potencial: $452,24 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$), com as outorgas de uso emitidas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) (vencimento: janeiro/2024). No entanto, em 2016, o sistema de captação de água superficial foi implantado e, atualmente, os poços são utilizados somente em momentos de manutenção do sistema de captação de água superficial. Há, também, a utilização de um poço para o abastecimento do setor administrativo, restaurantes e banheiros, especificamente nos sanitários. O fator principal que levou os gestores da companhia a optarem pela captação superficial foi o rebaixamento do lençol freático entre os anos de 2015 e 2016, que provocou problemas significativos no fornecimento de água. Além disso, a água subterrânea da região apresenta alto teor de sílica e dureza, podendo, por exemplo, proporcionar incrustações de tubulações e bombas. Por sua vez, o custo do tratamento da água com tais substâncias é elevado, motivo determinante para a utilização da água superficial.

3.1.3. Limites de captação de água

A Resolução nº 88 da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SMA) (BRASIL, 2008) define as diretrizes técnicas para o licenciamento de empreendimentos do setor sucroalcooleiro no Estado de São Paulo. Com a instituição da legislação, houve o estabelecimento de limites do uso dos recursos hídricos nas usinas sucroenergéticas em função das áreas de enquadramento em que estão instaladas. No caso da Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar, inserida



em área adequada com limitações e em área adequada com restrições, a captação permitida é de até 0,7 m³ de água por tonelada de cana-de-açúcar processada.

3.1.4. Medição e distribuição da água no processo industrial

Os medidores automáticos de vazão são dispositivos importantes para o registro e acompanhamento da água utilizada durante o processo industrial. Na empresa em estudo, a vazão da captação superficial é registrada em duas localidades: no bombeamento do rio Paraná; e na chegada da água no tanque do reservatório na usina. No sistema de captação subterrânea para o consumo humano também há medição da vazão na saída do bombeamento do poço. Todas as informações de entrada de água na planta industrial são registradas e armazenadas no Centro de Operações Industriais (COI) que, por sua vez, controla todos os dados de forma digital e monitora e gerencia todas as operações dos processos industriais (banco de dados da empresa).

3.2. Obtenção dos dados

Para realização do presente trabalho, foram utilizados dados secundários de pesquisas bibliográficas (*e.g.*, outorgas de direito do uso da água, programas internos e boletins técnicos com informações de produção da própria empresa). O levantamento permitiu quantificar o uso da água na usina em estudo entre os anos de 2012 e 2021 e avaliar as tecnologias implantadas para a redução de seu uso no processo industrial. Foram realizados, ainda, um levantamento de campo em todos os setores e entrevistas com os supervisores da companhia. Ressalta-se que todas as informações técnicas foram disponibilizadas pela Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar, a saber: dados das safras e de produção; vazões de captação; tecnologias implantadas para a redução da demanda hídrica; fluxogramas de processos; e outorgas de usos da água.

4. Resultados e Discussão

4.1. Balanço hídrico

De acordo com a ANA (2009), a elaboração de um balanço hídrico no processo industrial é de extrema importância para potencializar o reúso da água, proporcionar mudança de cultura e indicar meios tecnológicos para intervir e reduzir a captação dos recursos hídricos. Para a sua elaboração é necessário o conhecimento técnico dos setores e o levantamento dos circuitos de água e efluente. O balanço hídrico da Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar (Tabela 1) toma como base de cálculo a moagem de 458 toneladas de cana-de-açúcar por hora (*i.e.*, aproximadamente 11.000 toneladas de cana-de-açúcar por dia), correspondente a produção de 17.005 sacos de açúcar e 419,5 m³ de etanol por dia. Conforme pode ser observado na Tabela 1, a captação total de água na usina é de 344,7 m³ h⁻¹, sendo os maiores consumidores, em ordem decrescente, os respectivos setores: fermentação e destilaria (41%); geração de energia (24%); concentração de caldo (20%); usos diversos (13%); tratamento de caldo (2%); e extração (0%).

Tabela 1 - Resumo do balanço hídrico da Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar

Usos da água por setor	Água recirculada (m ³ h ⁻¹)	Água captada (m ³ h ⁻¹)
Extração (difusor)		
Embebição	278,1	0,0
Tratamento do caldo		
Preparo do leite de cal	0,0	1,5
Preparo de polímero	0,0	6,1
Concentração do caldo		
Embebição do filtro lodo	0,0	0,1
Águas das colunas	6930,0	70,0
Geração de Energia		
Água para caldeira	162,0	33,1
Retenção de fuligem	300,0	50,0
Fermentação e destilaria		
Preparo do fermento	0,0	65,0
Preparo do mosto	0,0	0,0
Dorna volante	0,0	15,0
Resfriamento	5049,0	51,0
Selagem	0,0	10,0
Diversos		
Uso potável	0,0	0,8
Lavagem dos filtros da Estação de Tratamento de Água	0,0	12,2
Outros usos diversos	0,0	15,0
Lavagem de piso	0,0	7,5
Lavagem dos equipamentos automotivos	0,0	7,5
Total	12.441,0	344,7

Fonte: Autores (2022).

4.2. Limpeza da cana-de-açúcar

A primeira etapa de produção em uma usina sucroenergética é a limpeza da cana-de-açúcar para a retirada de impurezas minerais e vegetais (~ 10% do peso da matéria prima), geralmente realizada por meio de jatos de água antes do seu esmagamento no terno de moenda (FILHO *et al.*, 2020). Tais impurezas, oriundas da lavoura, podem desgastar as máquinas e equipamentos utilizados no processo industrial. Uma matéria prima de boa qualidade contribui para o aumento da eficiência da indústria e da economia de recursos financeiros (FILHO *et al.*, 2020; BRASSOLATI *et al.*, 2016). Após a lavagem da cana-de-açúcar, a água utilizada pode apresentar elevada concentração de sólidos, o que faz necessário o seu tratamento, frequentemente feito em caixas para decantação do material particulado, para posterior reutilização (NASCIMENTO *et al.*, 2016). Existe, ainda, a opção de limpar a cana-de-açúcar a seco. Nesse caso, o produto deve ser colhido de forma mecanizada e há o uso de ar por meio de ventiladores/sopradores (NASCIMENTO *et al.*, 2016; FILHO *et al.*, 2020).

A Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar utilizava, até 2019, a lavagem de cana-de-açúcar para remoção das impurezas minerais e vegetais e realizava um trabalho de conscientização dos operadores no campo para redução da quantidade de impurezas no momento da colheita, por meio de treinamentos dos operadores de colhedoras. A água empregada na lavagem passava



por um sistema de recirculação com circuito fechado, composto por caixas de decantação, que permitiam a deposição do material sólido e a reutilização da água. Após a secagem das caixas de decantação, o material sólido era levado para a lavoura e incorporado ao solo em áreas de reforma dos canaviais. Atualmente, o sistema de caixas de decantação funciona apenas para a decantação dos efluentes do sistema de lavador de gases da caldeira. Em 2019 houve o início da instalação do sistema de limpeza a seco e a realização dos primeiros testes. Em 2020 ocorreu a implantação e operação parcial do sistema, integrado completamente em 2021. O sistema foi projetado com uma chapa (grelha) para suportar o descarregamento da cana-de-açúcar dentro da mesa alimentadora. Em suma, em efeito cascata, a cana-de-açúcar atinge a chapa e o material sólido é separado por ação da gravidade. Na parte inferior da grelha existe um sistema de injeção de ar, responsável por retirar as impurezas vegetais e minerais excedentes. O material sólido e a palha são separados por uma peneira. Posteriormente, uma esteira segue com o material sólido e outra com a palha. As impurezas minerais são transportadas para a lavoura e as impurezas vegetais são depositadas no pátio do bagaço para queima na caldeira.

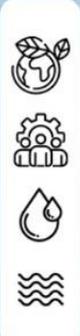
4.3. Resfriamento e circuitos de água

Na Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar todos os circuitos para resfriamento (*e.g.*, condensadores, colunas barométricas, gerador de condensação e torres mancais) são fechados com reúso (*i.e.*, aqueles que possuem sistema de tratamento para adequar a água utilizada para recirculação, resultando em redução na captação). Há, também, o sistema de recirculação em circuito fechado para o lavador de gases da caldeira, com o objetivo de retirar, com água, os materiais particulados resultantes da queima do bagaço e atender a legislação ambiental. Após a limpeza do sistema de lavador de gases, o efluente com cinzas é enviado, pela ação da gravidade, para lagoas de decantação. Posteriormente, a água tratada é bombeada e retorna para a limpeza de novos fluxos. O material decantado é levado para a lavoura e distribuído no solo dos canaviais. Quando necessário, há reposição de água no sistema. Mais informações podem ser encontradas no balanço hídrico da Tabela 1.

4.4. Efluentes industriais

Destaca-se que, embora avaliá-la não seja o objetivo principal deste trabalho, a gestão de efluentes industriais é tão importante quanto o planejamento do uso da água nas usinas sucroenergéticas. Na unidade em estudo, todos os efluentes são enviados para duas lagoas impermeabilizadas, utilizadas para o armazenamento da vinhaça e de águas residuárias. Tais produtos da própria indústria são dispostos no solo como irrigação da cana-de-açúcar. Na Tabela 2 são expostos, de acordo com o balanço hídrico da unidade, os volumes de efluente gerados no processo industrial, com destaque para a geração de vinhaça (86%).

Toda a vinhaça gerada na indústria sai da coluna de destilação e passa por um medidor de vazão (Figura 1A). Na sequência, a vinhaça é encaminhada até as torres de resfriamento (Figura 1B) por meio do processo de pressurização. Após o resfriamento, a vinhaça segue para um reservatório pulmão impermeabilizado para o seu armazenamento (Figura 1C) e posterior transporte até a lavoura. Tanto a vinhaça quanto as águas residuárias são lançadas em tanques



IV SUSTENTARE & VII WIPIS

WORKSHOP INTERNACIONAL

Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos

de 16 a 18 de novembro de 2022

**EVENTO
GRATUITO
TOTALMENTE
ONLINE**

Realização:

 SUSTENTARE
PUC-CAMPINAS


 WIPES

Apoio:

 Agência das Rocias PCJ


 COMITÊS PCJ

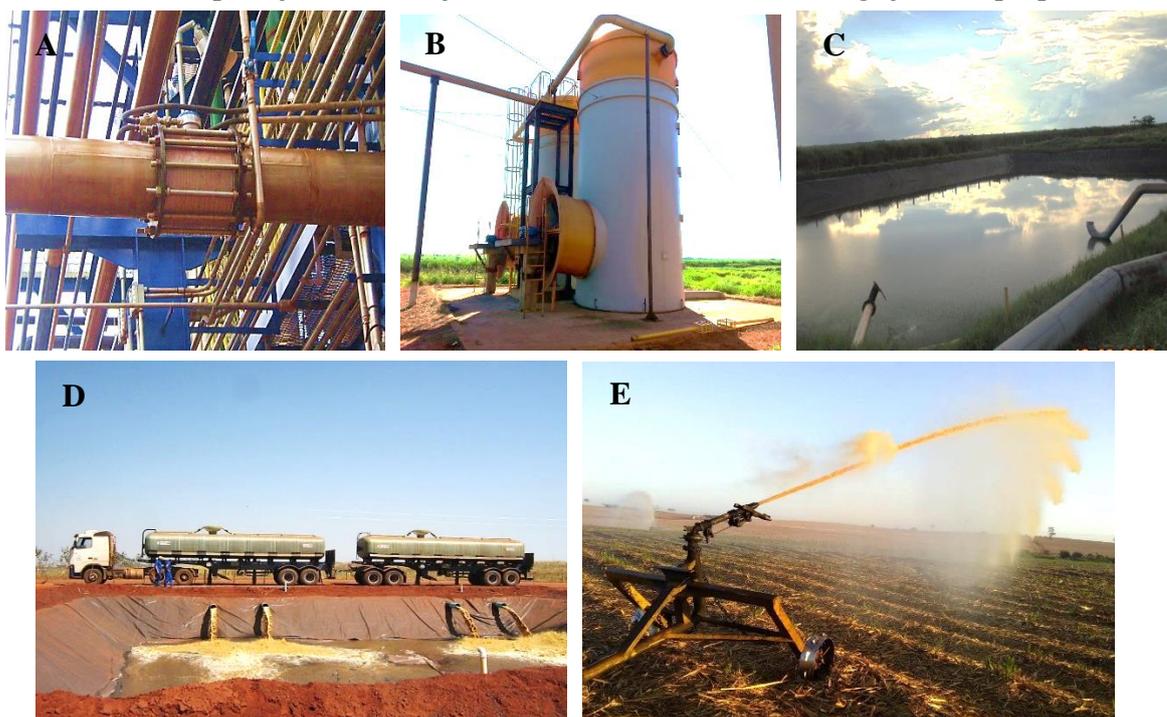
de diversas propriedades rurais da usina por caminhões (Figura 1D). Todos os tanques são revestidos com manta e possuem um sistema de drenos de vista para aferição de qualquer tipo de vazamento (Figura 1D). Depois de serem lançadas nas lagoas, a vinhaça e as águas residuárias são bombeadas por tubulações acopladas em um sistema de autopropelidos, responsáveis pela distribuição no canalial em forma de fertirrigação (Figura 1E). As áreas que recebem vinhaça e águas residuárias são controladas e as aplicações são executadas de acordo com o Plano de Aplicação de Vinhaça apresentado à CETESB.

Tabela 2 - Vazão e destino dos efluentes produzidos na planta industrial

Efluentes	Vazão (m ³ h ⁻¹)
Lavagem de piso	7,5 (2,5%)
Lavagem de equipamentos automotivos	7,5 (2,5%)
Usos diversos	15 (5,0%)
Esgoto doméstico após o tratamento	0,8 (0,3%)
Lavagem do filtro da estação de tratamento de água	12,2 (4,0%)
Vinhaça	256,4 (86,0%)
Total para a lavoura	299,4

Fonte: Autores (2022).

Figura 1 – (A) Medidor automático de vazão na saída da coluna de destilação, (B) torres de resfriamento de vinhaça, (C) reservatório de vinhaça dentro do parque industrial, (D) reservatório impermeabilizado na área agrícola com descarregamento de vinhaça transportada por caminhão e (E) aplicação da vinhaça na cultura com sistema de irrigação autopropelido.

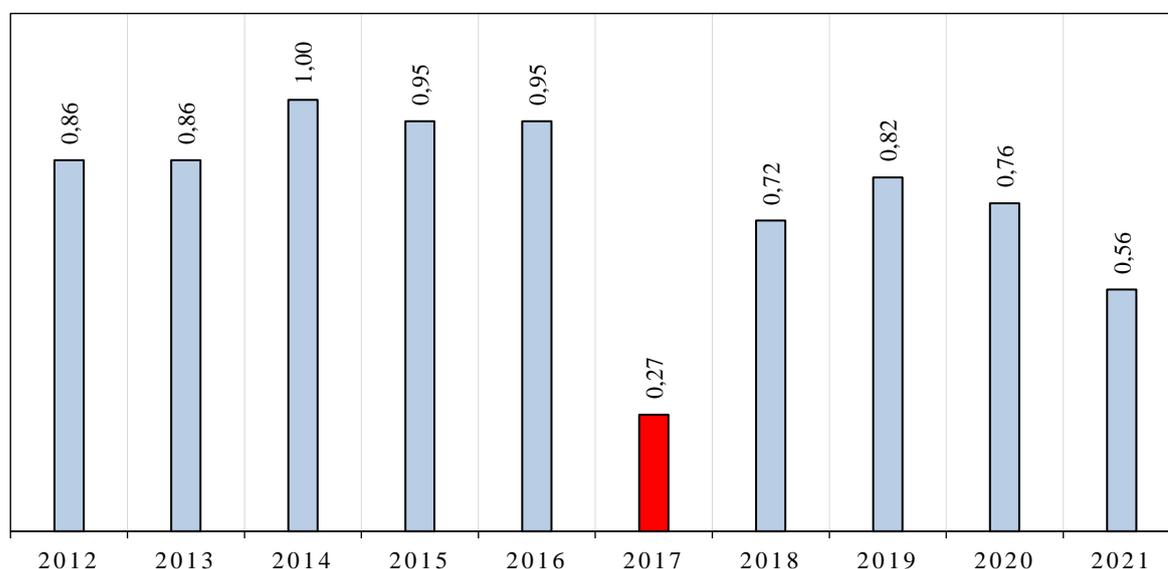


Fonte: Autores (2022).

4.5. Consumo hídrico na unidade estudada

De modo geral, as indústrias da cana-de-açúcar têm reduzido o consumo de água nos últimos anos em razão, entre outros aspectos, dos fatores apresentados nos tópicos anteriores. O consumo de água na unidade, nos últimos 10 anos, foi obtido por meio de boletins técnicos que registram as informações de insumos e produtos da cadeia de produção (Figura 2).

Figura 2 – Consumo de água, em m³ por tonelada de cana-de-açúcar processada, na última década na Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar



Fonte: Autores (2022).

Na última década, a unidade teve um consumo anual que não ultrapassou 1 m³ de água por tonelada de cana-de-açúcar processada, considerado baixo quando comparado com outros dados de consumo para o setor disponibilizados na literatura (TORQUATO; JESUS, 2019). Ressalta-se que no período de 2012 a 2016, as informações não foram extraídas de sistemas de medição automáticos de vazão, mas de médias obtidas do balanço hídrico da unidade. Os dados, no período, eram coletados e armazenados no setor de laboratório industrial em conjunto com os dados de produção. Por sua vez, no ano de 2016, a companhia recebeu a exigência – atendida em 2017 – da CETESB para instalação de medidores automáticos de vazão na captação de água da unidade. No entanto, na safra de 2017, os dados registrados não estiveram de acordo com o esperado, chegando em um consumo consolidado de 0,27 m³ de água por tonelada de cana-de-açúcar. O valor discrepante dos demais pode ser justificado pelo fato de que, nesse período, o sistema estava em fase de implantação e, segundo informações obtidas da área técnica, apresentou falhas, não contabilizando a medição de toda a água que entrou na planta indústria. Houve, então, a necessidade de paradas constantes para manutenções e correções do sistema no decorrer do ano. A partir de 2018, o sistema passou a operar sem apresentação de problemas



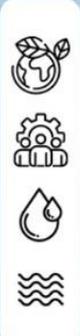
técnicos. Por fim, os consumos de água no fim das safras de 2018, 2019, 2020 e 2021 foram de 0,72, 0,82, 0,76 e 0,56 m³ de água por tonelada de cana-de-açúcar, respectivamente, representando uma redução no consumo de água entre os anos de 2012 e 2021 de 34,88%.

Uma cronologia das tecnologias implantadas na usina entre as safras de 2008/2009 e 2021/2022 e do consumo de água em m³ por tonelada de cana-de-açúcar segue apresentada na Figura 3, para melhor visualização e interpretação dos resultados obtidos. A safra 2008/2009 correspondeu ao primeiro ano de operação da usina em estudo, o que reflete na maior quantidade de tecnologias implantadas em comparação às safras posteriores. Salienta-se, ainda, que com o estabelecimento da Resolução SMA 88, de dezembro de 2008 (BRASIL, 2008), a Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar (obtentora do Protocolo Agroambiental) tem o prazo limite até 2024 para se adequar à captação de 0,7 m³ de água por tonelada de cana-de-açúcar processada, por estar em área classificada como adequada com restrições ambientais. Porém, já na safra de 2021, a empresa ficou abaixo do limite estabelecido pela resolução e apresentou uma captação de 0,56 m³ de água por tonelada de cana-de-açúcar processada.

4.6. Reflexos sustentáveis da redução do uso de água na indústria

Nas últimas décadas, o setor sucroenergético, em escala mundial, tem evidenciado um comprometimento e alinhamento ao desenvolvimento sustentável em sua cadeia produtiva, o que demonstra um forte alicerce frente aos indicadores de sustentabilidade, ferramentas com papéis importantes para o desenvolvimento econômico e socioambiental das companhias (PEREIRA, 2021). No Brasil, o setor tem buscado implantar processos limpos e eco-inovadores nas companhias. Nos últimos anos, por exemplo, tem-se observado, nas usinas sucroenergéticas brasileiras, um crescimento na adoção e implementação de tecnologias voltadas para redução de gás carbono (CO₂), preservação da biodiversidade, condições seguras de trabalho e redução de materiais, energia e água (SANTOS *et al.*, 2015). Ademais, as inovações das plantas industriais são fatores importantes para evolução no mundo globalizado (*i.e.*, novas tecnologias podem garantir a permanência das empresas no mercado competitivo).

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos é uma ferramenta utilizada para aumentar a conscientização dos usuários frente ao recurso escasso, sendo, também, fonte de captação de recursos financeiros para custear projetos vinculados à preservação das bacias hidrográficas (SANTOS *et al.*, 2019). O pagamento deve ser realizado por todos os usuários de captações subterrâneas e superficiais e por todos consumidores que usam e lançam efluentes em corpos hídricos. Por fim, entende-se que a cobrança aumenta o aproveitamento e evita o desperdício, diminuindo o impacto ambiental e contribuindo para a preservação do corpo hídrico. A Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar, por exemplo, iniciou o pagamento pelo uso dos recursos hídricos em 2020, com os valores sendo cobrados em 2021. A cobrança foi estabelecida por um decreto estadual, que aprovou e fixou os valores pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo, dos usuários urbanos e das industriais na UGRHI São José dos Dourados.



IV SUSTENTARE & VII WIPIS

WORKSHOP INTERNACIONAL

Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos

de 16 a 18 de novembro de 2022

EVENTO
GRATUITO
TOTALMENTE
ONLINE

Realização:



SUSTENTARE
PUC MINAS



WIPIS
IIC-UFOP

Apoio:



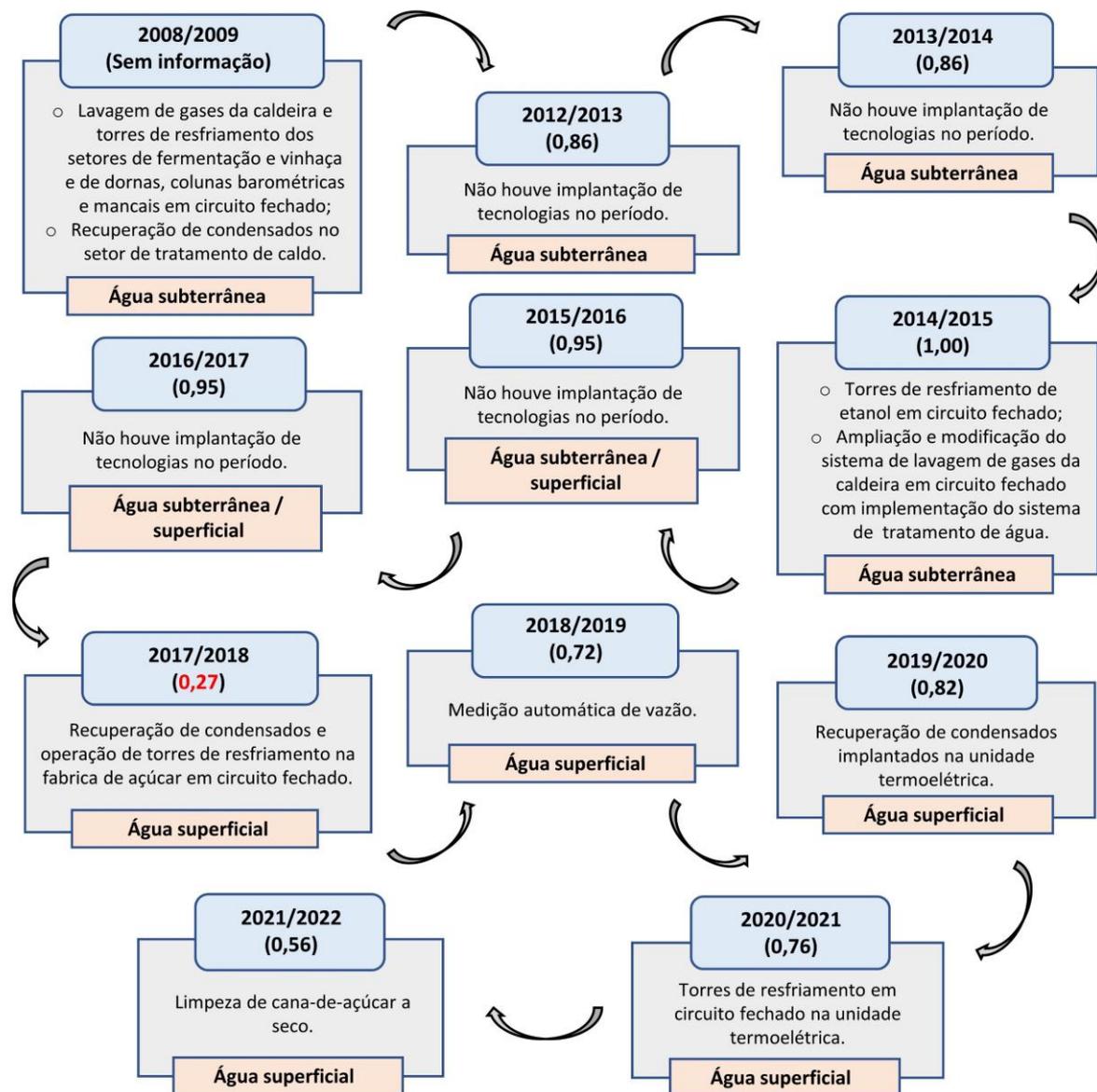
Agência das Rocias
PCJ



COMITÊS
PCJ

Na Tabela 3 são apresentados os custos referentes ao consumo de água das captações subterrâneas da unidade, de acordo com os dados das outorgas. Em referência à captação superficial, ainda não foi estabelecida a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Figura 3 – Cronologia das tecnologias implantadas na Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar entre as safras de 2008/2009 e 2021/2022, assim como o consumo de água, em m³ por tonelada de cana-de-açúcar, e fonte(s) de captação



Fonte: Autores (2022).

Tabela 3 - Pagamento pelo uso da água subterrânea na unidade nos anos de 2021, 2022 e 2023

Poço	Volume (m ³ dia ⁻¹)	Volume anual (m ³)	Valor 2021 40 % de desconto	Valor 2022 25% de desconto	Valor Integral a partir de 2023
1	1.337,04	481.334,40	R\$ 8.664,02	R\$ 10.830,02	R\$ 14.440,03
2	1.800,00	648.000,00	R\$ 11.664,00	R\$ 14.580,00	R\$ 19.440,00
3	1.803,96	649.425,60	R\$ 11.689,66	R\$ 14.612,08	R\$ 19.482,77
4	1.082,34	389.642,40	R\$ 7.013,56	R\$ 8.766,95	R\$ 11.689,27
5	847,98	305.272,80	R\$ 5.494,91	R\$ 6.868,64	R\$ 9.158,18
6	468,00	168.480,00	R\$ 3.032,64	R\$ 3.790,80	R\$ 5.054,40
7	700,00	252.000,00	R\$ 4.536,00	R\$ 5.670,00	R\$ 7.560,00
8	190,00	68.400,00	R\$ 1.231,20	R\$ 1.539,00	R\$ 2.052,00
Total	8.229,32	2.962.555,20	R\$ 53.325,99	R\$ 66.657,49	R\$ 88.876,66

Fonte: Autores (2022).

Diante do quadro apresentado, observa-se que o setor sucroenergético, em específico a Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar, tem aderido uma produção mais sustentável nos últimos anos. Em destaque, pode-se citar a limpeza de cana-de-açúcar a seco (item 4.2), a utilização de circuitos fechados (item 4.3), o reúso da água (item 4.4) e a adesão de soluções tecnológicas que visam a redução do consumo dos recursos hídricos em suas plantas produtoras. Resumidamente, a modificação do sistema de lavagem de cana-de-açúcar, entre os anos de 2019 e 2020, contribuiu significativamente para a gestão integrada dos recursos hídricos na unidade. Outro fator relevante observado no presente estudo foi a identificação de que a planta funciona 100% com circuitos fechados. A unidade possui, ainda, sistema de medição da vazão automatizado, composto por medidores de vazão que registram a entrada de água no processo industrial. As informações de consumo hídrico são armazenadas nos bancos de dados da empresa e disponibilizadas em formato de boletim técnico industrial, uma ótima ferramenta de gestão hídrica que permite a verificação e tomada de decisões na unidade.

5. Conclusões

A Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar obteve redução de 34,88% no consumo de água entre 2012 e 2021. Com base nos resultados obtidos, foi possível observar que alguns processos contribuíram para a redução significativa do consumo de água encontrada, a saber: limpeza da cana-de-açúcar a seco; utilização de circuitos fechados; recuperação de condensados; reúso da água; e implantação do sistema de medição de vazão.

Por mais que a pesquisa tenha apresentado dados significativos para os gestores de usinas sucroenergéticas e ambientais, além de inúmeras outras classes de profissionais e pesquisadores interessados no assunto, estudos futuros são recomendados. Algumas recomendações são apresentadas: (i) continuar o monitoramento do consumo de água na usina para obtenção de um banco de dados e auxiliar na compreensão da evolução do processo avaliado; (ii) comparar os resultados obtidos na Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar com outras usinas sucroenergéticas do estado de São Paulo e de outros estados brasileiros; e (iii) propor tecnologias que possam



reduzir o consumo de água por tonelada de cana-de-açúcar em empreendimentos brasileiros, com base em experiências internacionais, por meio de um levantamento bibliográfico.

6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Agradecemos à Vale do Paraná S/A Álcool e Açúcar por todo o suporte.

7. Referências bibliográficas

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual de Conservação e Reúso da Água na Agroindústria Sucroenergética**. Centro de Tecnologia Canavieira / Agência Nacional das Águas / Federação de Indústrias do Estado de São Paulo. Brasília, DF, 2009. 288 p. II.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Práticas Industriais que Garantem a Sustentabilidade**. 2019. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/praticas-industriais-que-garantem.2019-03-15.0513557584>>. Acesso em: 17 de outubro de 2022.

BORDONAL, R. D. O.; CARVALHO, J. L. N.; Lal, R. Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, n. 13, p.1-8, 2018.

BRASSOLATI, T. F. Z.; VIEIRA, R. C.; COSTA, M. A. B.; BRASSOLATI, M. Análise do Percentual de Impurezas Vegetais e Minerais Presentes na Cana-de-Açúcar. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2016.

FILHO, M. G.; DELBONI, C.; SILVA, R. G.; CAMPOS, F. C. Viabilidade econômica da limpeza a seco da cana-de-açúcar. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 1, n. 1, p. 25-40, 2020.

FREITAS, A. H. L.; FREITAS, J. B.; SILVA, L. H. D. Importância do uso consciente da água nos processos produtivos da agroindústria sucroalcooleira. **Revista Eletrônica Organização. Sociedade**, v. 8, n. 9, p. 37-55, 2019.

GOES, T.; MARRA, R.; SILVA, G. S. Setor sucroalcooleiro no Brasil: Situação atual e perspectivas. **Revista de Política Agrícola**, v. 1, n. 1, p. 39-51, 2008.

GONÇALES-FILHO, M.; BARROS, M. J.; CAMPOS, F. C. Sustentabilidade no Processo de Recepção da Cana de Açúcar em Usina Sucroalcooleira. **Cleaner Production Towards a Sustainable Transition**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **A Geografia da Cana-de-açúcar: Dinâmica Territorial da Produção Agropecuária**. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/analises-do-territorio/18939->



a-geografia-da-cana-de-acucar.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 17 de outubro de 2022.

MORAES, A. F. D.M.; OLIVEIRA, R. C.; CHAVEZ, R. A. D. Socio-economic impacts of Brazilian sugar cane industry. **Environmental Development**, v. 16, n. 1, p. 31-43. 2015.

NASCIMENTO, N. H. A.; COELHO, M. G.; JÚNIOR, N. M. R.; PANTONI, R. P. Reaproveitamento da água utilizada na lavagem de cana de açúcar aliado ao separador sólido-líquido para remoção de particulados aplicado a indústria sucroalcooleira. **Revista Brasileira de Energia Renováveis**, v. 1, n. 2, p. 1-8, 2016.

PEREIRA, B. A. **Agroindústria canavieira: Uma Análise Sobre o Uso da Água na Produção Sucroalcooleira**. 2009. 205 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

PEREIRA, A. L. **Dinâmicas de Desenvolvimento nos Municípios Paranaenses com Agroindústria Sucroenergética Instalada: uma Abordagem Multidimensional**. 2021. 186 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Foz do Iguaçu, 2021.

PIACENTE, F. J. **Agroindústria canavieira e o Sistema de Gestão Ambiental: O Caso das Usinas Localizadas nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. 2005. 181 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

PRAKASH, Suman; CAPOOR, Ajay. Sugar Mill Effluent Induced Histological Changes in Kidney of. [S. l.], v. 9, n. 1, p. 4, 2018.

SANTOS, D. R. Consumo Zero: um olhar qualitativo sobre oportunidades de redução de consumo de água em estabelecimentos industriais. **Revista Cadernos UniFOA**, v. 2, n. 1, p. 11-21, 2009.

SANTOS, D. F. L, et al. Eco-innovation in the Brazilian sugar-ethanol industry: a case study. **Brazilian Journal of Science and Technology**, v. 2, n. 1, p. 1-15, 2015.

SANTOS, B. R. G, et al. Cobrança pelo uso da água no estado de São Paulo: o olhar do usuário de saneamento. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 20098-20109, 2019.

TORQUATO, S. A.; JESUS, K. R. Políticas públicas para sustentabilidade do uso da água: o caso do setor sucroenergético paulista. **Agricultura, Alimentação e Desenvolvimento**, v. 1, n. 1, p. 1-16, 2019.