



**Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"**

FELIPE DE PAULO GONÇALVES TORRES

**INFLUÊNCIA NA ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO
CÓRREGO ÁGUA BONITÁ PELO DESCARTE DE EFLUENTE
INDUSTRIAL, SEGUNDO ALGUNS ASPECTOS DA RESOLUÇÃO
CONAMA 357/2005**

**Assis/SP
2022**



**Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"**

FELIPE DE PAULO GONÇALVES TORRES

**INFLUÊNCIA NA ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO
CÓRREGO ÁGUA BONITÁ PELO DESCARTE DE EFLUENTE
INDUSTRIAL, SEGUNDO ALGUNS ASPECTOS DA RESOLUÇÃO
CONAMA 357/2005**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Química Industrial do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão.

Orientando: Felipe de Paulo Gonçalves Torres
Orientadora: Dra. Patrícia Cavani Martins de Mello

**Assis/SP
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA

TORRES, Felipe de Paulo Gonçalves.

Influência na alteração da qualidade da água do córrego Água Bonita pelo descarte de efluente industrial, segundo alguns aspectos da resolução CONAMA 357/2005 / Felipe de Paulo Gonçalves Torres. Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA – Assis, 2022.

31p.

Trabalho de conclusão do curso (Química Industrial) – Fundação Educacional do Município de Assis.

1. Córrego. 2. Efluentes industriais. 3. Qualidade da água.

CDD:
Biblioteca da FEMA

INFLUÊNCIA NA ALTERAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO
ÁGUA BONITA PELO DESCARTE DE EFLUENTE INDUSTRIAL,
SEGUNDO ALGUNS ASPECTOS DA RESOLUÇÃO CONAMA 357/2005

FELIPE DE PAULO GONÇALVES TORRES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, avaliado pela seguinte comissão examinadora:

Orientadora: _____
Dra. Patrícia Cavani Martins de Mello

Examinadora: _____
Ms. Elaine Amorim Soares

DEDICATÓRIA

Este trabalho é todo dedicado aos meus pais, pois é graças ao seu esforço que hoje posso concluir o meu curso.

AGRADECIMENTOS

Eu agradeço aos meus pais e irmãos, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho;

Agradeço aos professores, sobretudo a Prof.^a Patrícia Cavani Martins de Mello e ao Prof.^o Sergio Augusto Moreira Cortez, por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com a qual guiaram o meu aprendizado;

Agradeço às pessoas com quem convivi ao longo desses anos de curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica;

Agradeço, principalmente, à Ellen Reina Marques Arantes, que me auxiliou e apoiou na elaboração de todo o processo, desde o início até o final deste trabalho.

A todos vocês meus profundos e sinceros agradecimentos.

Muito Obrigado!

“Aprendi que o caminho para o progresso não é rápido e nem fácil.”

Marie Curie

RESUMO

O uso múltiplo das águas superficiais vem acarretando sérios problemas ambientais, fazendo com que os gestores desenvolvam ações que visem melhorias no gerenciamento dos recursos hídricos. A Resolução CONAMA 357 é uma ferramenta importante no cumprimento dessa tarefa, pois, trata-se de um instrumento legal no qual são estabelecidos critérios, normas e padrões de enquadramento de corpos d'água visando o controle e a manutenção da qualidade da água. As usinas de cana de açúcar utilizam grandes quantidades de água e geram grandes quantidades de efluentes tratáveis antes do descarte. Neste trabalho estudou-se possíveis alterações da qualidade da água do Córrego Água Bonita, em Tarumã (SP), sob a óptica da resolução CONAMA 357/2005. As coletas foram realizadas em dois pontos do Córrego Água Bonita: à jusante (20 metros) e à montante (150 metros) do despejo do efluente de uma usina sucroalcooleira, em um intervalo de 30 dias, de maio a agosto de 2022. Foram analisados os parâmetros pH, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (DO), turbidez, amônia (NH₃), fósforo total (PT) e nitrato (NO₃), de acordo com a metodologia estabelecido Standard Methods for examination of water and wastewater (APHA) e posteriormente comparados os padrões pela Resolução do CONAMA 357/2005 para rios de Classe 2. À jusante do despejo observou-se que o pH esteve acima do que é estabelecido na coleta de maio, assim como o fósforo na coleta de julho. Atribuem-se estas alterações ao descarte de efluente não tratado pela indústria e uma possível lixiviação de fertilizantes da área agrícola do entorno. Os demais parâmetros analisados mantiveram-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Conclui-se que embora tenha havido uma alteração significativa do pH à jusante na coleta realizada em maio, a área de mata nativa do entorno tem amenizado os impactos sobre a qualidade da água.

Palavras-chave: qualidade da água; efluente; indústria sucroalcooleira; resolução CONAMA 357/2005.

ABSTRACT

The multiple use of aquatic waters has been causing serious environmental problems, causing managers to develop actions aimed at improving the management of water resources. CONAMA Resolution 357 is an important tool in fulfilling this task, as it is a legal instrument in which criteria, norms and standards for drafting bodies of water are aimed at controlling and maintaining water quality. Sugarcane mills utilize large cups of water and generate large cups of treatable effluent prior to disposal. In this work, we study possible changes in the water quality of the Água Bonita stream, in Tarumã (SP), from the perspective of CONAMA resolution 357/2005. The collections were carried out at two points of the Água Bonita Stream: downstream (20 meters) and upstream (150 meters) of the effluent discharge from a sugar and alcohol plant, in a 30-day interval, from May to August 2022. They were analyzed the parameters pH, total sustainable solids (STD), obtained oxygen (DO), turbidity, ammonia (NH₃), total phosphorus (PT) and nitrate (NO₃), according to the established methodology Standard methods for examining water and sewage (APHA) and subsequently compared the standards by CONAMA Resolution 357/2005 for Class 2 rivers. Downstream of the discharge, it was observed that the pH was above what is established in the May collection, as well as the phosphorus in the May collection. July. These changes are attributed to the disposal of untreated effluent by the industry and a possible leaching of fertilizers from the surrounding agricultural area. The other analyzed parameters remained within the limits established by the legislation. It is concluded that although it has suffered a significant change in pH at just the collection carried out in May, in a surrounding area of native forest it has mitigated the impacts on water quality.

Keywords: water quality; effluent; sugar and alcohol industry; CONAMA resolution 357/2005.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Usina sucroalcooleira. (In: Procenge, 2021).....	2
Figura 2: Colheita da cana-de-açúcar na Austrália. (In: Mundo Educação, 2021).....	4
Figura 3: Processo industrial. (In: COCAL).....	5
Figura 4: Processo de Tratamento de Esgoto. (In: SABESP).....	6
Figura 5: Montante do córrego Água Bonita.	10
Figura 6: Jusante do córrego Água Bonita.....	10
Figura 7: Curva de calibração de Fosfato Total.	12
Figura 8: Curva de calibração de Nitrogênio Kjeldhall Total (NKT).....	13
Figura 9: Curva de Calibração de Amônia (NH ₃)	14
Figura 10: Curva de Calibração de Nitrato (NO ₃)	15
Figura 11: Imagens do ponto de coleta à montante do despejo de efluente pela indústria sucroalcooleira.....	17
Figura 12: Gráfico comparativo das análises de pH entre montante e jusante.....	19
Figura 13: Gráfico comparativo das análises de S.T.D. entre montante e jusante.	20
Figura 14: Gráfico comparativo das análises do O.D. entre montante e jusante.	21
Figura 15: Gráfico comparativo das análises de turbidez entre montante e jusante.....	22
Figura 16: Gráfico comparativo das análises de amônia entre montante e jusante.....	23
Figura 17: Gráfico comparativo das análises do fósforo total entre montante e jusante....	24
Figura 18: Gráfico comparativo das análises de nitrato entre montante e jusante.	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados das análises das amostras coletadas à montante do despejo de efluente pela indústria sucroalcooleira (*V.M.P.: valor máximo permitido segunda a resolução CONAMA 357/2005, para rios de classe 2)	16
Tabela 2: Resultados das análises das amostras coletadas à jusante do despejo de efluente pela indústria sucroalcooleira (*V.M.P.: valor máximo permitido segunda a resolução CONAMA 357/2005, para rios de classe 2)	18

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. USINAS SUCROALCOOLEIRAS	2
2.1 CANA-DE-AÇÚCAR	2
2.2 PROCESSO INDUSTRIAL.....	3
3. EFLUENTES	6
4. RIOS.....	8
4.1 IMPACTOS AMBIENTAIS	8
4.1.1 Impactos do descarte ilegal.....	8
5. MATERIAIS E MÉTODO	9
5.1 MATERIAIS	9
5.1.1 Equipamentos	9
5.1.2 Amostra de água.....	9
5.2 MÉTODOS	10
5.2.1 Coleta.....	10
5.2.2 Análises.....	11
5.2.2.1 Leituras de condutividade, STD, OD e Turbidez	11
5.2.2.2 Resíduo Seco.....	11
5.2.2.3 Fosfato Total (PT)	12
5.2.2.4 Nitrogênio Kjeldahl (NKT).....	13
5.2.2.5 Nitrogênio Amoniacal (NH ₃)	13
5.2.2.6 Nitrato (NO ₃)	14
5.2.2.7 pH	15
6. RESULTADOS.....	16
7. CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

A indústria sucroalcooleira é voltada para a produção de açúcar, álcool e energia. A matéria prima utilizada é a cana de açúcar a qual passa por diversos processos na indústria até se transformar no produto. Entre os diversos processos se destacam: plantio; colheita; extração do caldo; concentração do caldo; limpeza do caldo; fermentação e a cristalização do açúcar (ARMAC, 2021). Essas indústrias também podem ser consideradas como usinas termelétricas que utilizam da queima de combustível para gerar energia, os combustíveis mais utilizados são o carvão, gás, óleo e o bagaço de cana (FERRAZ, 2018).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2021 apud NACHILUK, 2021), o estado de São Paulo lidera a produção de cana-de-açúcar no país, o qual responde por 54,1% da quantidade produzida na safra 2020/2021. Para que isso seja possível, de acordo com o Manual de Conservação e Reuso de Água na Agroindústria Sucroenergética (2009), as usinas utilizam uma enorme quantidade de água, sendo que no estado de São Paulo é consumido cerca de 12% de todo o uso.

Para que haja o funcionamento constante da usina é essencial a utilização de uma fonte de água, onde esse recurso passa por processos de captação, tratamento, uso e, por fim, descarte. Dentro do processo é preciso usar a água de forma reciclável, ou seja, ela é reutilizada várias vezes, por este motivo, é importante tratá-la corretamente antes de descartá-la a fim de evitar impactos ambientais, sendo que tal descarte dos efluentes, em sua maioria, é feito em rios (RIBEIRO, 2011). Caso isso não ocorra, serão causados danos consideráveis nos rios, tais como: o aumento da temperatura, a variação do pH, resíduos industriais, concentração de matéria orgânica, entre outros (ALVES et al., 2008).

A relevância deste trabalho justifica-se pelo fato de todos os fatores supracitados poderem, de alguma forma, afetar todos os organismos que dependem dos rios, incluindo a população regional, a fauna e a flora (ALVES et al., 2008).

Portanto, o objetivo desta pesquisa é realizar uma análise da alteração da qualidade de água em um trecho do córrego Água Bonita, localizado na região de Tarumã – São Paulo, observando prioritariamente se há impactos ambientais nas fontes de água após o seu uso nos processos industriais (efluentes), ou se é realizado um descarte responsável, isto é, se estão realmente de acordo com a legislação pertinente.

2. USINAS SUCROALCOOLEIRAS

No Brasil, a maior produção de açúcar e álcool é derivado da cana-de-açúcar. O país é o principal produtor da cana-de-açúcar e, com sua rede de indústrias sucroalcooleiras (Figura 1), um dos principais pilares da economia brasileira. Além disso, a cana-de-açúcar está tendo um grande destaque para a produção de energia por biomassa, sendo um grande potencial de crescimento nacional e internacional. Logo, vale mencionar que “a biomassa é a terceira principal fonte interna de energia elétrica no país, representando 8,2% e superada apenas pela energia hidráulica e pelo gás natural, de acordo com os dados do Balanço Energético Nacional” (BEN, 2017 *apud* PEREIRA et al., 2019, p. 112).



Figura 1: Usina sucroalcooleira. (In: Procenge, 2021)

2.1 CANA-DE-AÇÚCAR

A produção da cana-de-açúcar teve início no Brasil em 1532, na época colonial, utilizando escravos, como mão de obra, e gado, como motor do moinho. A principal produção dessa época era o açúcar e o aguardente. A partir do auxílio dos holandeses para a venda dos produtos da cana-de-açúcar para o exterior e, mais a frente em 1929, com a crise do café, a cana-de-açúcar expandiu sua produção, fazendo com que evoluísse quantitativamente e qualitativamente (PEREIRA et al., 2019). Esse recurso com o nome científico de *Saccharum officinarum* é derivado da Oceania, em uma ilha denominada atualmente como Nova Guiné, e logo se espalhou pelo mundo. Apenas em 1520 ela chegou no Brasil e, graças a nossa

terra extremamente fértil e ao nosso clima tropical, ela se adaptou muito bem e teve um grande sucesso em nosso território (RAÍZEN, 2021).

Com o decorrer do tempo e a evolução tecnológica, a produção e, principalmente, a genética da planta foi se modificando para se adequar as nossas exigências. Isto é, a utilização do processo biotecnológico permitiu misturar e criar variedades de cana-de-açúcar. Nesse sentido, a partir de outras espécies e combinações, foi possível criar variantes resistentes a pragas, a seca e a tombamentos ocasionados pelo vento (BORTOLETO; FIGUEIRA, [s/d]), tudo tendo como modelo ideal uma cana-de-açúcar com o teor de sacarose alta e com pouca fibra. Desta forma, foi possível aumentar a sua produção tornando o Brasil um grande produtor dos derivados da cana-de-açúcar.

Com a globalização, o Brasil se tornou o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e o maior produtor de etanol de cana-de-açúcar. Atualmente, São Paulo está em primeiro lugar na produção de açúcar e foi capaz de superar Pernambuco apenas na crise do café, acentuada pela turbulência americana em 1929, produzindo cerca de 55% de área plantada no país, baseado na União da Indústria de Cana de Açúcar (ÚNICA, s/d *apud* PEREIRA et al., 2019, p. 113).

2.2 PROCESSO INDUSTRIAL

As usinas sucroalcooleiras, de maneira geral, utilizam o mesmo modelo de produção, tendo uma pequena variação apenas na forma com que o processo é realizado. O processo se inicia no campo, com o preparo da terra utilizando os seguintes recursos: adubagem, gradeamento e o nivelamento, repondo os minerais e remexendo a terra. Em seguida, é feito o plantio da cana-de-açúcar, onde nos primeiros meses ela irá se desenvolver e crescer. Depois de atingir o seu determinado tamanho e estrutura, ela irá sofrer um processo natural de estresse, reduzindo o seu crescimento e incentivando o seu metabolismo na produção de sacarose, esse processo é conhecido como a maturação da cana-de-açúcar (DUARTE et al., 2020).

Quando a cana de açúcar estiver com a sua taxa de sacarose ideal, ela será colhida por colhedoras e transportada por caminhões até a indústria, como é possível ver na Figura 2.



Figura 2: Colheita da cana-de-açúcar na Austrália. (In: Mundo Educação, 2021)

Em seguida, os caminhões, de forma aleatória, serão submetidos a coletas de amostras, onde será identificado a qualidade do produto. Caso a empresa compre o produto de outros produtores, isso será usado como cálculo para o pagamento da tonelada da cana-de-açúcar. Posteriormente, os caminhões serão tombados em uma esteira por cabos e serão submetidos a extração do caldo. Para isso ocorrer será usado picadores, desfibradores, embebição com água quente e, por fim, passado entre dois rolos com uma pressão pré-estabelecida, conhecido como moenda. O bagaço produzido nesse processo deve ter a sua umidade controlada, pois ele será, em seguida, usado como combustível nas caldeiras. A energia e o vapor gerado nas caldeiras serão usados em todo o processo industrial. A moenda é composta por 4 ternos, cada um deles é composto por 3 rolos. O caldo extraído no primeiro e segundo ternos são dedicados à produção do açúcar por apresentarem uma taxa de sacarose maior, o terceiro e quarto ternos são destinados à produção de álcool. Porém, isso tudo pode variar de acordo com o processo e os interesses da empresa (FOGAÇA, 2021).

Na produção do açúcar, o caldo que chega da moenda é primeiramente clarificado e limpo de impurezas, durante todo o processo é muito importante ter o controle do pH, pois, quando o pH do caldo baixa muito, é possível acontecer a inversão da sacarose em frutose e glicose. Vale ressaltar que para a produção do açúcar é necessário ter o máximo de sacarose possível. Depois do processo da clarificação, o caldo conhecido como mosto será aquecido e concentrado, virando um xarope que será cristalizado, centrifugado e, finalmente, será possível a obtenção do açúcar. No processo de centrifugação é separado o açúcar do mel. Esse açúcar precisa ainda ser secado, armazenado, ter a sua qualidade analisada e classificada para que, posteriormente, possa ser vendido (MEZAROBA; MENEGUETTI; GROFF, 2010).

A produção do álcool é derivada da mistura do caldo obtido no terceiro e quarto terno, e do mel que sobra no processo da centrifugação do açúcar. O nome dado a essa mistura açucarada é de mosto. Neste mosto é feita toda a inversão da sacarose em frutose e glicose que são usadas na produção do álcool. Tendo o mosto devidamente preparado e diluído, é adicionado fermento que irá fermentar o mosto e transformar a glicose e frutose em álcool e dióxido de carbono. Antes de levar essa mistura para a destilação, primeiramente é preciso utilizar uma centrífuga para realizar a separação da levedura da mistura. Logo depois, é realizada a destilação em colunas de destilação onde é possível obter um álcool com uma porcentagem de 96% de pureza. Por fim, resta apenas fazer análise de qualidade do álcool, armazenar e depois vendê-lo (FOGAÇA, 2021).

Na Figura 3 é possível ver ilustrado todo o processo industrial da fabricação do açúcar, álcool e energia. As numerações contidas nas imagens representam, respectivamente:

- | | |
|----------------------------------|---------------------------|
| 1. Colheita da cana-de-açúcar; | 6. Limpeza do caldo; |
| 2. Transporte da cana-de-açúcar; | 7. Concentração do caldo; |
| 3. Descarregamento; | 8. Produção do açúcar; |
| 4. Extração do caldo; | 9. Fermentação; |
| 5. Queima do bagaço; | 10. Destilação. |

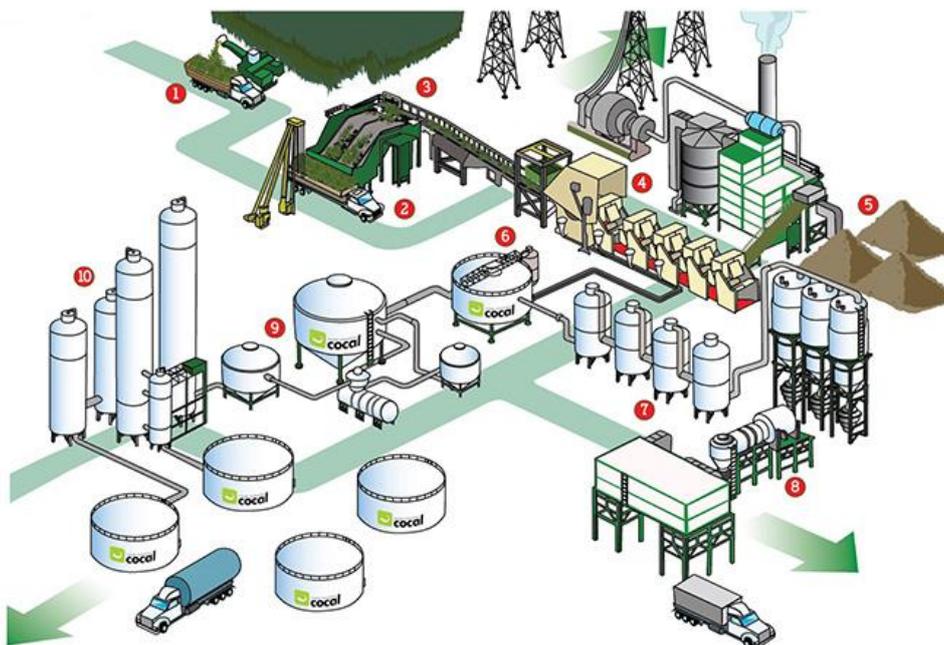


Figura 3: Processo industrial. (In: COCAL)

3. EFLUENTES

Os efluentes são resíduos líquidos ou gasosos produzidos geralmente por uma indústria ou pelo ser humano no seu ambiente doméstico, nossa rede de esgoto é um exemplo de tratamento de efluentes, que normalmente são descartados em rios (MULTIAGUA, c2022). O tratamento é feito nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), cujo processo pode ser observado na Figura 4.

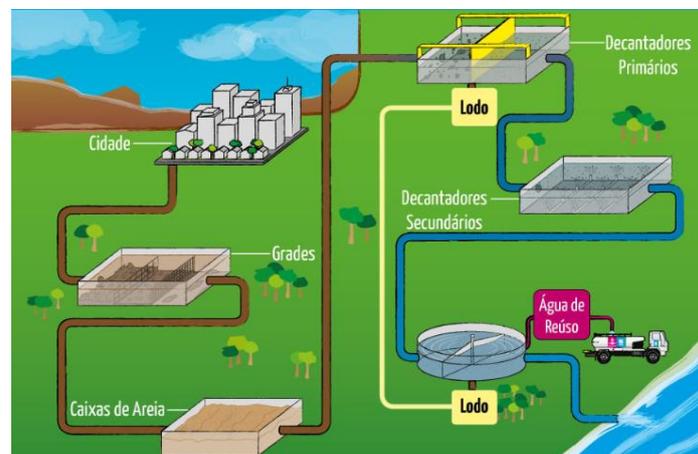


Figura 4: Processo de Tratamento de Esgoto. (In: SABESP).

Atualmente é muito cobrado e fiscalizado esse tipo de descarte, pois antigamente era feito de maneira inadequada, resultando em rios poluídos que, muitas vezes, perderam a sua qualidade, chegando em casos mais graves que impossibilitam a existência de vida (TERA AMBIENTAL, 2019).

As indústrias produzem uma quantidade enorme de efluentes, utilizando água em suas atividades. Em usinas sucroalcooleiras a água é extremamente importante, sabendo disso, elas procuram reutilizar a água da melhor forma possível, fazendo um reciclo entre os processos. Por exemplo a reutilização da água utilizada na limpeza da cana-de-açúcar, que em seguida é destinada à embebição na moenda; ou a condensação do vapor utilizado na concentração do caldo, que logo depois é retornado nas caldeiras. Durante todo esse processo, grande quantidade dessa água precisa ser repostada ou trocada, arrastando muitos dos resíduos industriais consigo (AVELAR et al., 2014). Além disso, um dos maiores problemas do descarte de efluente enfrentados pelas usinas sucroalcooleiras é o da

vinhaça. Ainda que boa parte dela seja utilizada como adubação no plantio da cana-de-açúcar, em altas dosagens nas lavouras podem contaminar o lençol freático, a contaminação das águas subterrâneas ou a saturação do solo (FIALHO et al., 2019).

Nos últimos 40 anos a produção de etanol aumentou cerca de 60 vezes, assim como o volume de vinhaça. Atualmente, para cada litro de álcool produzido no país são gerados 12,4 litros de vinhaça em média, o que significa uma produção de 372 bilhões de litros por ano. (LOPES; NETO; AMORIM, 2016)

É importante mencionar que a vinhaça é extremamente prejudicial ao meio ambiente. Quando descartada no solo, ou usada de maneira excessiva como adubo nas plantações, pode saturar rapidamente e acabar contaminando os lençóis freáticos (FIALHO et al., 2019, p. 2).

Desta forma, é nítida a importância do tratamento e o descarte correto desses efluentes, principalmente nas indústrias, a fiscalização e o monitoramento constante das análises, para garantir que esse descarte esteja ocorrendo da maneira correta.

4. RIOS

Os rios são grandes reservatórios de água, que podem ser divididos em 5 tipos: rios nivais; rios glaciais; rios pluviais; rios peneres; rios intermitentes (MATIAS, 2021). Para preservá-los é preciso ter algum controle periódico através de análises físico-químicas, microbiológicas, eco toxicológicas, entre outros (CONAMA, 2005). Esse controle pode variar pela função do uso do rio: abastecimento público, abastecimento industrial, lazer, manutenção da ecologia aquática ou lazer (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2006). No estado de São Paulo os descartes de efluentes e a poluição dos rios são controlados, fiscalizados e monitorados pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB).

4.1 IMPACTOS AMBIENTAIS

A partir do desenvolvimento desenfreado das indústrias e outras áreas com foco nas atividades econômicas, além da introdução de novas formas de plantio – considerando um número alto de agrotóxicos, há cada vez mais contaminação ou deposição de rejeitos na água dos rios, lagos, córregos, nascentes, além de mares e oceanos. Esse grave problema socioambiental se intensifica ao decorrer do tempo tendo em vista que, embora a água seja um recurso renovável, apenas a água potável é própria para o consumo. Sob essa perspectiva, os diversos impactos ambientais hídricos são um risco para a população, a fauna e a flora (PENA, 2021).

4.1.1 Impactos do descarte ilegal

O descarte ilegal de efluentes acarreta em diversos problemas ambientais. Tais como: poluição de mananciais; desequilíbrio do ecossistema; e poluição com gases tóxicos na atmosfera. Todos esses problemas afetam não só a saúde da população – tendo em vista as grandes doenças causadas pelas águas contaminadas como hepatites, cólera e diarreia, como também o próprio sistema econômico do país/região, já que o governo precisa gastar verbas na recuperação e limpeza dos rios (TERA AMBIENTAL, 2019).

5. MATERIAIS E MÉTODO

5.1 MATERIAIS

5.1.1 Equipamentos

1. Condutivímetro Tec-4MP;
2. pHmetro MB-10;
3. Capela de Exaustão de Gases LUTECH série LCE;
4. Turbidímetro HACH 2100N;
5. Estufa de Secagem e Esterilização TE-393/2;
6. Espectrofotômetro FEMTO 482;
7. Medidor multi parâmetro de qualidade de água YSI Pro Plus.

5.1.2 Amostra de água

A coleta foi feita em dois pontos distintos do córrego Água Bonita: à montante e jusante de um despejo de efluentes de uma usina sucroalcooleira sendo, 20 metros à montante do despejo e 200 metros abaixo do despejo (Figura 5 e 6, respectivamente). As amostras de água foram coletadas mensalmente, a partir de maio de 2022 até agosto de 2022, a fim de se estimar a sazonalidade da qualidade da água diante dos parâmetros analisados.



Figura 5: Montante do córrego Água Bonita.



Figura 6: Jusante do córrego Água Bonita.

5.2 MÉTODOS

5.2.1 Coleta

Com o auxílio de um balde de alumínio lavado três vezes com a própria água do rio, antes da captação de cada amostra de água, as amostras foram coletadas e transferidas para

frascos de polietileno de 1L e 500 mL. OS frascos de 500mL foram previamente preservados com ácido sulfúrico (2 ml; solução 1:1). As técnicas de coleta e preservações das amostras seguiram as normas descritas pelo Standard Methods For Water and Wastewater (APHA, 2005).

5.2.2 Análises

O monitoramento do córrego que recebe o lançamento do efluente industrial foi feito através de análises de pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos (STD), oxigênio dissolvido (DO), turbidez, resíduo seco total (RST), amônia (NH₃), nitrogênio Kjeldahl total (NKT), fósforo total (PT) e nitrato (NO₃).

As análises de RST, NH₃, NKT, PT e NO₃ foram realizadas com as amostras coletadas, no Centro de Pesquisas em Ciências, da FEMA.

5.2.2.1 Leituras de condutividade, STD, OD e Turbidez

As análises de condutividade, STD, DO, turbidez foram realizadas com auxílio de um medidor multi parâmetro de qualidade de água YSI Pro Plus *in loco*, onde se submergiu completamente os sensores na água e aguardou-se estabilização das leituras. Após estabilização da leitura, anotou-se os valores observados no visor

5.2.2.2 Resíduo Seco

O RST foi determinado pelo método gravimétrico, onde se deixou a cápsula de porcelana de 100 mL na estufa de 105 °C por meia hora. Esta foi retirada, levada ao dessecador e depois de resfriada teve seu peso inicial determinado em balança analítica. À cápsula foi adicionado 50 ml de amostra e o conjunto levado à estufa 105 °C até secar. Retirou-se a capsula da estufa e após seu resfriamento em dessecador, determinou-se o peso final.

Para determinação do teor de RST, foi utilizada a fórmula descrita abaixo.

$$\text{RST (mg/L)} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Volume (mL)}} \times 10^6$$

5.2.2.3 Fosfato Total (PT)

A análise de fósforo total – PT, fez-se pelo método espectrofotométrico com digestão ácida da amostra, posterior tratamento com antimônio tartarato de potássio e quantificação no λ de 660 nm.

Foram adicionados em um erlenmeyer 100 mL de amostra juntamente com 10 mL de solução digestora NKT/PT que foi levado à chapa ebulição para redução do volume, até a produção de um pequeno filete. Foi retirado da chapa e aguardou o resfriamento, e em seguida teve que ser transferido para um balão volumétrico de 100 mL que foi avolumado.

Em um béquer foi preparado uma mistura de 5 mL de uma mistura combinada para cada amostra juntamente com ácido ascórbico (0,5 g do mesmo a cada 100 mL da amostra). Foi retirado 25 mL da base NKT/PT para um balão volumétrico de 50 mL. Em seguida foi adicionado ao balão 2 gotas de fenolftaleína, solução de NaOH e NaCl até o conteúdo ficar rosa, solução ácida até voltar a ficar incolor e 5 mL do reagente combinado que foi avolumado. Após o repouso de 10 min, foi feita leitura da absorbância no espectrofotômetro. A quantificação de PT foi realizada através da curva de calibração utilizando a fórmula apresentada na Figura 7.

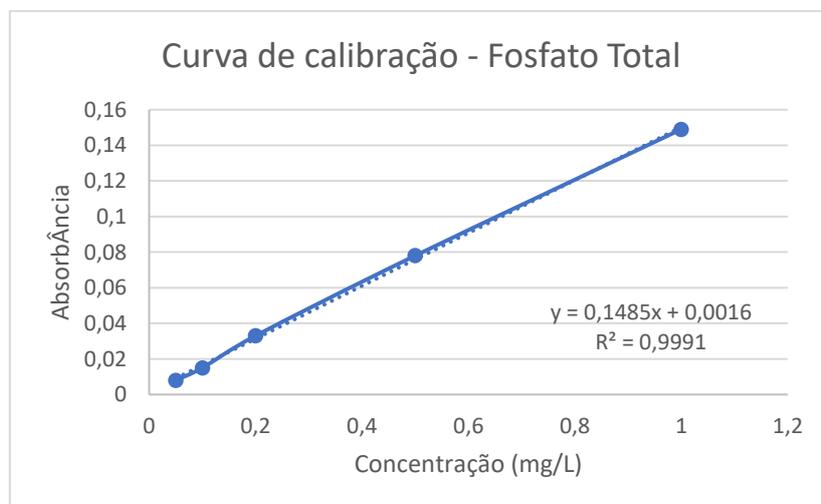


Figura 7: Curva de calibração de Fosfato Total.

5.2.2.4 Nitrogênio Kjeldahl (NKT)

Para análise de nitrogênio Kjeldhal total – NKT, utilizou-se o método espectrofotométrico, com digestão ácida, posterior reação com nitroprussiato de sódio e quantificação no λ de 660 nm.

Foi retirado 10 mL da base NKT/PT para um balão volumétrico de 100 mL e adicionado 40 mL água destilada, 2 gotas tartarato sódio e potássio, 1 mL solução NaOH + NaCl, 3 mL solução fenato, 1 mL hipoclorito de sódio 20% e 0,5 mL nitroprussiato de sódio. O balão foi avolumado e aguardou-se e esperar 45 minutos para realizar a leitura em espectrofotômetro em absorbância (abs) (660nm).

A quantificação do NKT foi realizada através da curva de calibração utilizando a fórmula apresentada na Figura 8.

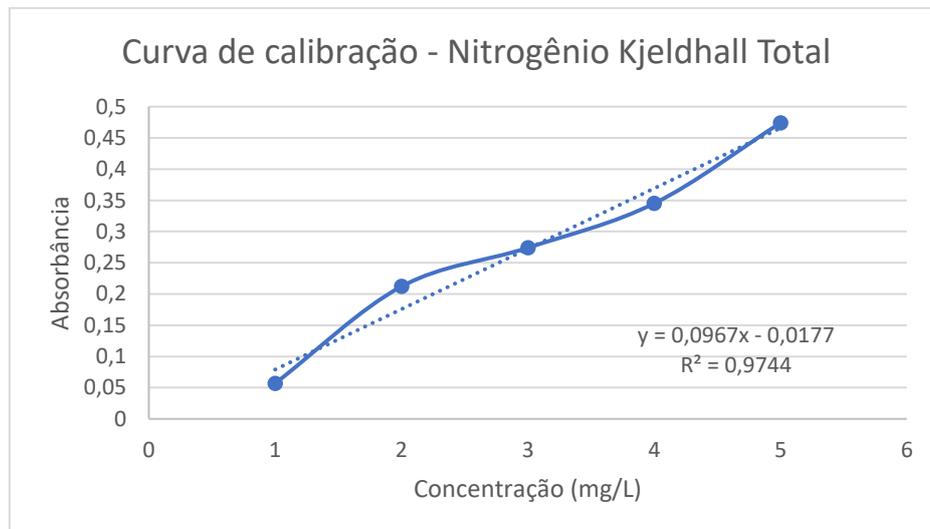


Figura 8: Curva de calibração de Nitrogênio Kjeldhal Total (NKT).

5.2.2.5 Nitrogênio Amoniacoal (NH₃)

A análise de amônia pelo método do Fenato tem como princípio a formação de um composto intensamente azul (indofenol), produto da reação da amônia com hipoclorito e fenol catalisados pelo nitroprussiato de sódio. O indofenol formado é medido por espectrofotometria de absorção molecular na faixa do visível à 640 nm.

Foi adicionado em um balão volumétrico de 100 mL, 50 mL da amostra. Em seguida foi adicionado 3 gotas de tartarato de sódio e potássio, 1 mL de NaOH 6 M, 3 mL fenato, 1 mL de hipoclorito de sódio 20% e 0,5 mL Nitroprussiato sódio.

A quantificação do NH_3 foi realizada através da curva de calibração utilizando a fórmula apresentada na Figura 9.

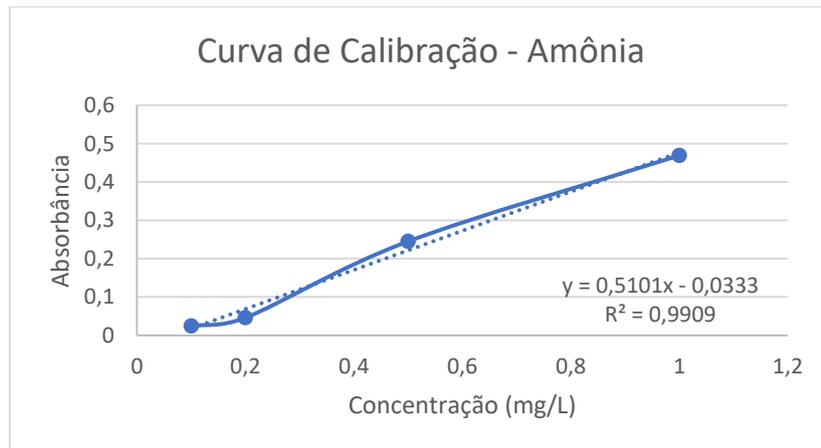


Figura 9: Curva de Calibração de Amônia (NH_3)

5.2.2.6 Nitrato (NO_3)

O nitrato foi determinado por espectrofotometria, usando ácido fenoldissulfônico e quantificação no λ de 410 nm. 100 mL de amostra foram transferidos para um erlenmeyer de 250 mL e levado para a chapa de ebulição para redução do volume, até a produção de um pequeno filete de vapor. Após o resfriamento foi adicionar 2 mL de ácido fenoldissulfônico ao erlenmeyer, 10 mL de água destilada e 7,5 mL de KOH 12M. Transferiu-se a mistura para um balão volumétrico de 100 mL e avolumou-se o mesmo. Após o repouso de 10 minutos foi feita a leitura da absorbância no espectrofotômetro, no comprimento de onda de 410nm.

O teor de nitrato das amostras de água foi determinado espectrometricamente através da correlação com soluções padrão de nitrato no comprimento de onda de 410 nm.

A quantificação do NO_3 foi realizada através da curva de calibração utilizando a fórmula apresentada na Figura 10.

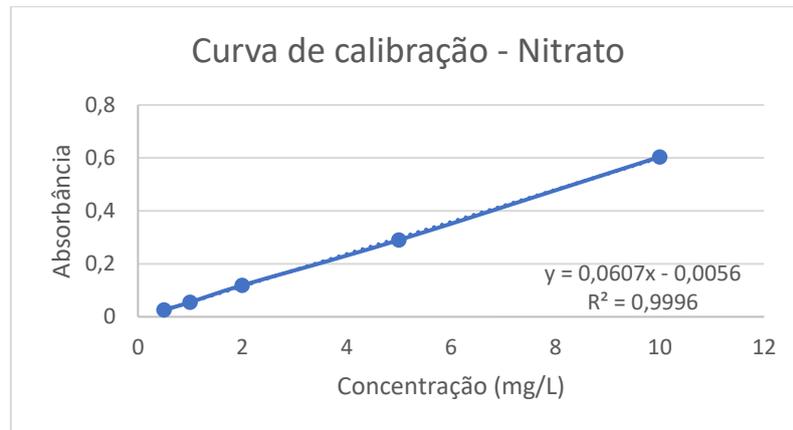


Figura 10: Curva de Calibração de Nitrato (NO₃)

5.2.2.7 pH

O pH foi medido diretamente com potenciômetro calibrado, marca Tecnal modelo TEC2. O pHmetro foi calibrado com os tampões de pH 4,0; pH 7,0 e 10,0 em seguida foi lavado o eletrodo e inserido o mesmo na amostra contida em um béquer. O resultado foi obtido diretamente pela leitura do pH pelo eletrodo.

6. RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados das análises à montante do despejo.

Parâmetro	Montante				V.M.P.*
	Maio	Junho	Julho	Agosto	
pH	7,80	7,96	7,36	7,76	6,0 a 9,0
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	8,98	9,80	6,92	8,66	500 mg/L
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,40	5,24	6,81	6,14	≥ 5,00 mg/L
Turbidez (NTU)	6,74	5,38	11,20	8,00	≤ 100 NTU
Amônia (mg/L)	0	0,01	0,18	0,02	≤ 2,00 mg/L
Fósforo Total (mg/L)	0	0,01	0,04	0,01	≤ 0,05 mg/L
Nitrato (mg/L)	0	0,01	0,04	0,35	≤ 10 mg/L

Tabela 1: Resultados das análises das amostras coletadas à montante do despejo de efluente pela indústria sucroalcooleira (*V.M.P.: valor máximo permitido segunda a resolução CONAMA 357/2005, para rios de classe 2)

Observando-se os resultados das análises de água realizadas à montante do despejo de efluentes é possível notar que nenhum parâmetro analisado neste trabalho, ultrapassou o limite estabelecido pela resolução 357/2005 do CONAMA, para rios de classe 2.

Os rios representam um dos mais importantes agentes geológicos com papel fundamental na modelagem do relevo, no condicionamento ambiental e na vida de todos os seres, da mesma forma em que a água constitui o principal agente do intemperismo e erosão, são os rios os responsáveis pelo transporte dos materiais intemperizados das áreas íngremes para as mais baixas. Entre as possíveis interferências nos processos de erosão e transporte de sedimentos em sistemas fluviais destacam-se as atividades agropecuárias e o

desmatamento, além da utilização da água e a alteração dos cursos dos rios (DE FARIA FERREIRA, 2019).

O entorno desta área onde foi realizada é protegido por área de mata e embora haja grande afloramento de algas (Figura 11), nota-se que a mesma protege o córrego de alterações de qualidade no âmbito desta pesquisa.

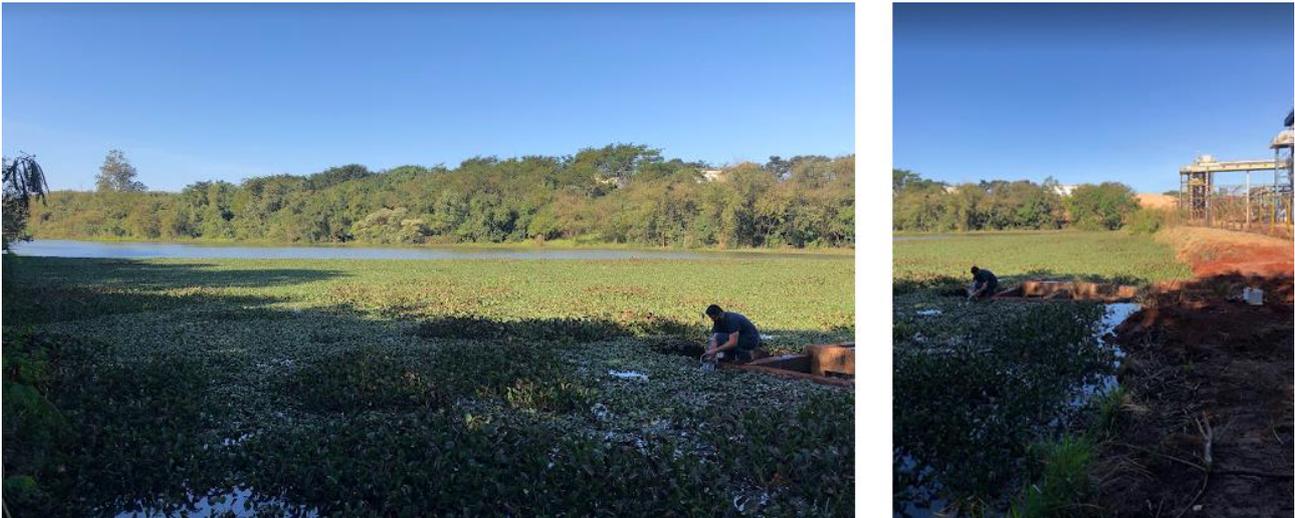


Figura 11: Imagens do ponto de coleta à montante do despejo de efluente pela indústria sucroalcooleira.

As matas ciliares compreendem formações naturais ao longo das margens de corpos hídricos, com papel fundamental na mitigação de assoreamento, bem como a degradação ambiental. Elas garantem maior equilíbrio do ecossistema quando associadas ao manejo e conservação dos recursos naturais (DE FARIA FERREIRA, 2019).

As matas ciliares são de vital importância na proteção dos mananciais, regulando a chegada de nutrientes, sedimentos, adubos, agrotóxicos e os processos erosivos das ribanceiras que provocam o assoreamento dos mananciais, influenciando nas características físicas, químicas e biológicas dos corpos d'água e principalmente na qualidade da água (SECUNDINI, 2018)

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises à jusante do despejo.

Parâmetro	Montante				V.M.P.*
	Maio	Junho	Julho	Agosto	
pH	12,05	7,87	7,78	7,46	6,0 a 9,0
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	205,3	9,80	10,18	14,35	500 mg/L
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,90	5,88	6,13	6,80	≥ 5,00 mg/L
Turbidez (NTU)	49,80	12,60	12,30	17,00	≤ 100 NTU
Amônia (mg/L)	0,04	0,01	0,23	0,07	≤ 2,00 mg/L
Fósforo Total (mg/L)	0,03	0,03	0,14	0,03	≤ 0,05 mg/L
Nitrato (mg/L)	0,05	0,01	0,40	1,01	≤ 10 mg/L

Tabela 2: Resultados das análises das amostras coletadas à jusante do despejo de efluente pela indústria sucroalcooleira (*V.M.P.: valor máximo permitido segunda a resolução CONAMA 357/2005, para rios de classe 2)

Pelo que é observado, na coleta realizada em maio o pH esteve acima ao que é estabelecido pela legislação, assim como em julho o teor de fosfato total nas águas esteve acima do valor máximo permitido. É possível que estas alterações estejam relacionadas a um descarte de efluente não tratado pela indústria.

A partir da tabela 1 e 2 acima, foram divididos os dados em gráficos, presentes nas figuras enumeradas de 11 a 17 para elucidar melhor as diferenças dos resultados do montante e da jusante influenciadas pelo efluentes industriais.

A Figura 11 apresenta um comparativo entre os resultados de pH à montante e à jusante do despejo pela indústria, no trecho estudado do Córrego Água Bonita.

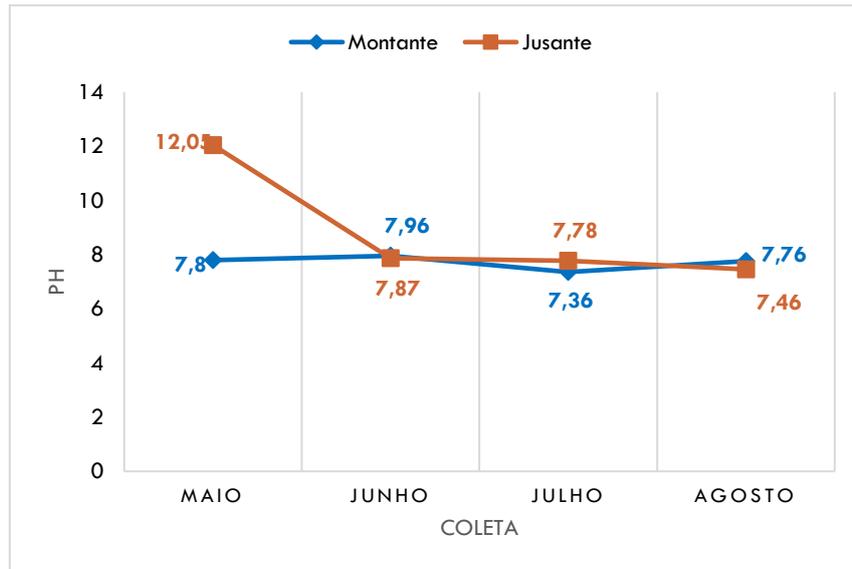


Figura 12: Gráfico comparativo das análises de pH entre montante e jusante.

Com relação a variação do pH nos rios, algumas substâncias têm seus efeitos tóxicos diminuídos ou intensificados em graus extremos – tanto de alcalinidade como de acidez, como aquelas devido a despejos de produtos químicos (CETESB, 2021). Tendo isso em vista, para melhor exemplificar, pode-se citar duas situações com os pH's desregulados:

1. Em caso de despejo de substâncias ácidas na água, o pH irá diminuir e, como consequência, a fauna aquática daquele ambiente apresentará uma frequência respiratória maior. Isto faz com que os peixes, em sua maioria, abocanhem o ar na superfície. Em casos mais extremos de pH extremamente baixo, os peixes têm morte imediata. Alguns metais em pH menor que 4 apresentam uma maior toxicidade.
2. Em caso de despejo de substâncias alcalinas, como a soda, o pH irá aumentar e, conseqüentemente, haverá a formação de óxido de cálcio. Essa substância provoca uma corrosão do epitélio branquial e das nadadeiras dos peixes, levando-os à morte. Além disso, pode modificar a reação de outros elementos presentes na água, como, por exemplo, a amônia. Esta, quando presente no meio em pH acima de 9 e altas temperaturas, tende a ser altamente tóxica.

A Cetesb (2022), afirma que “valores de pH abaixo de 5, indicando acidez, já podem provocar mortandades e pH's alcalinos entre 9 e 10 podem ser prejudiciais em certas ocasiões. Águas com pH acima de 10 são consideradas letais para a grande maioria dos peixes.

Percebe-se que apenas o mês de maio a jusante teve um pH acima do que é permitido pela legislação, sendo 9 o máximo permitido (CONAMA, 2005), entende-se que nesse mês específico provavelmente aconteceu um descarte de alguma substância fortemente alcalina, pois, elevou-se muito o pH do rio chegando a ultrapassar à 12. Desta forma, podendo provocar a morte dos peixes ou outros seres vivos importantes à biota aquática, mais sensíveis a desregulações no pH do meio, nesse mês.

A Figura 12 apresenta um comparativo entre os resultados de sólidos totais dissolvidos (S.T.D.) à montante e à jusante do despejo pela indústria, no trecho estudado do Córrego Água Bonita.

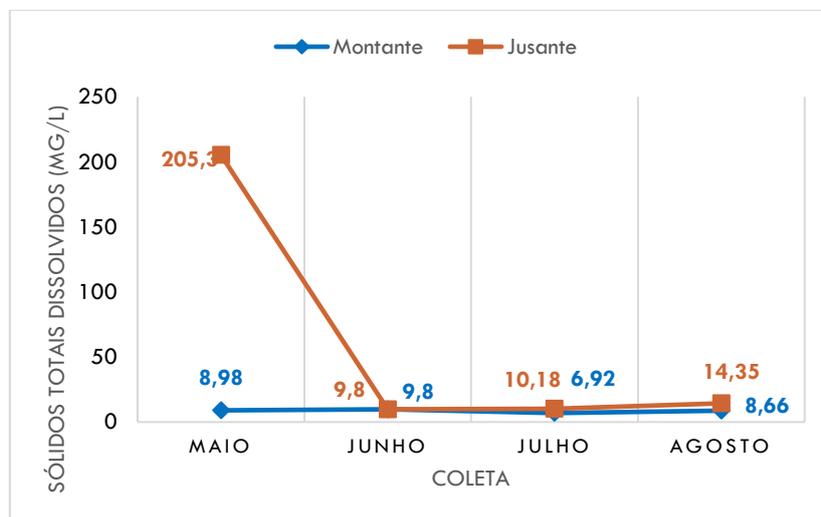


Figura 13: Gráfico comparativo das análises de S.T.D. entre montante e jusante.

Observando a Figura 12, podemos ver os resultados analisados sobre os sólidos totais dissolvidos (S.T.D), os quais são sais inorgânicos como por exemplo cálcio, magnésio, potássio, sódio, bicarbonatos, cloretos, e sulfatos, além de, algumas pequenas quantidades de matéria orgânica que se dissolvem na água. Quando o S.T.D se encontra em níveis elevados ou demasiados podem afetar a temperatura, os níveis de oxigênio dissolvido (OD), a turvação e a fotossíntese de plantas aquáticas ao reduzir a transferência de luz. Tudo isso, pode reduzir o crescimento de plantas aquáticas e resultar na morte de organismos marinhos (HACH, 2022).

Sendo assim, observando a Figura 12, podemos perceber uma elevação do S.T.D na jusante do mês de maio se compararmos com os outros meses, porém, ainda abaixo dos 500 mg/l permitido pela legislação (CONAMA, 2005).

A Figura 13 apresenta um comparativo entre os resultados de oxigênio dissolvido (O.D.) à montante e à jusante do despejo pela indústria, no trecho estudado do Córrego Água Bonita.

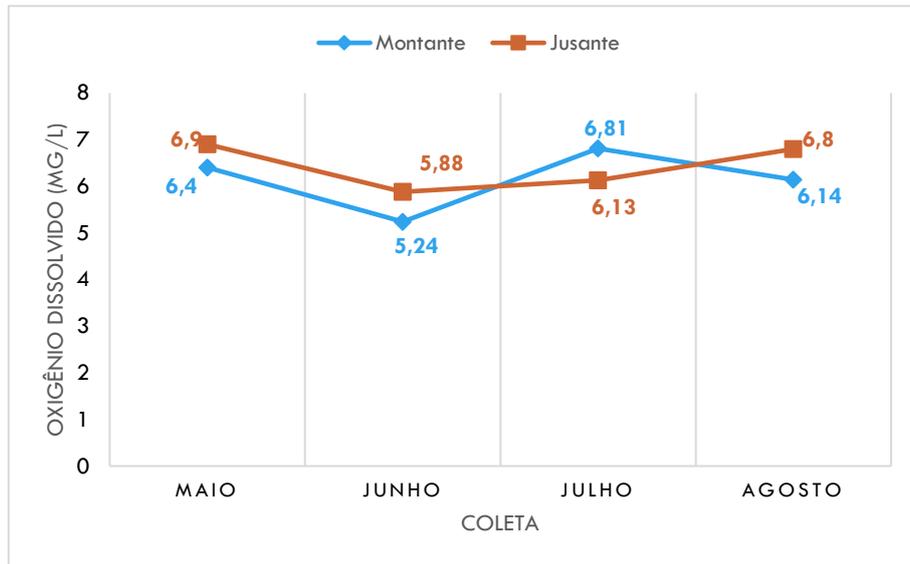


Figura 14: Gráfico comparativo das análises do O.D. entre montante e jusante.

O Oxigênio Dissolvido (OD) tem um papel importante para a manutenção da vida aquática, já que uma das causas mais frequentes para a mortandade é a diminuição da concentração de oxigênio presente nas águas. Ao observar a Figura 13, podemos perceber no gráfico que o valor mínimo de OD necessário para a preservar a vida aquática é de 5 mg/L, sendo assim, todos os meses, tanto o montante quanto a jusante, apresentaram o mínimo exigido pela legislação 357 do CONAMA (CETESB, 2022).

A Figura 14 apresenta um comparativo entre os resultados de turbidez à montante e à jusante do despejo pela indústria, no trecho estudado do Córrego Água Bonita.

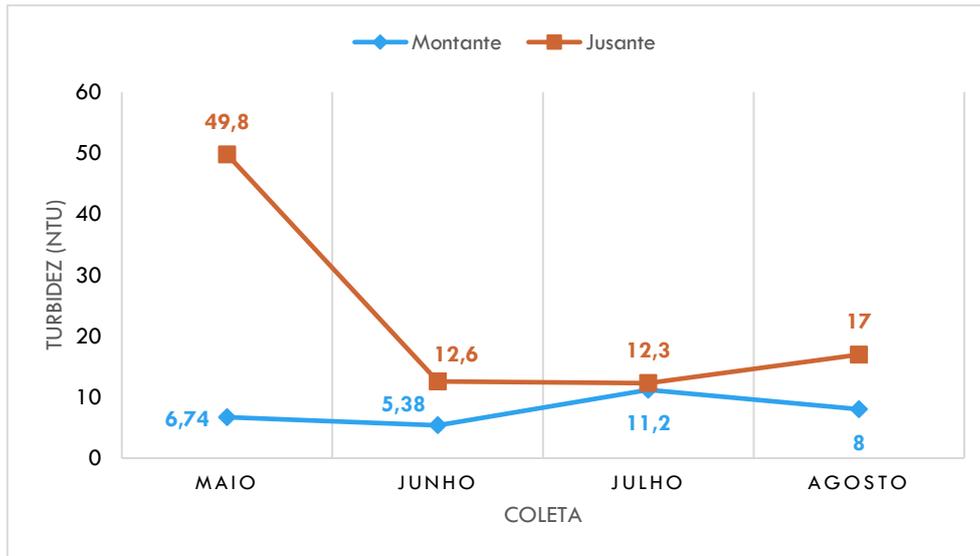


Figura 15: Gráfico comparativo das análises de turbidez entre montante e jusante.

Outro resultado observado com grande variação no primeiro mês de coleta, é a turbidez. Esse parâmetro é entendido como a “medida do espalhamento de luz produzido pela presença de partículas em suspensão ou coloidais, sendo expressa como Unidade Nefelométrica de Turbidez (NTU – *Nephelometric Turbidity Unity*)” (SOUZA, 2017).

Esse processo, portanto, é causado pela presença de materiais sólidos em suspensão na água, podendo ser tanto matérias orgânicas como inorgânicas finamente divididas. A presença desses materiais, sobretudo em grande quantidade, promove o aumento da turbidez. Em casos mais extremos, quando os valores ultrapassam os valores máximos permitidos, ocorre a turbidez excessiva, na qual há a diminuição da penetração da luz na água, acarretando uma redução da fotossíntese dos organismos (tais como fitoplâncton, algas e vegetação submersa) devido ao bloqueio da luz natural. (SOUZA, 2017).

Na Figura 14, é possível observar que, se comparado aos outros meses, houve um índice consideravelmente elevado da Turbidez na jusante do mês de maio, porém, ainda abaixo dos 100 NTU permitidos pela legislação (CONAMA, 2005).

A Figura 15 apresenta um comparativo entre os resultados de amônia à montante e à jusante do despejo pela indústria, no trecho estudado do Córrego Água Bonita.

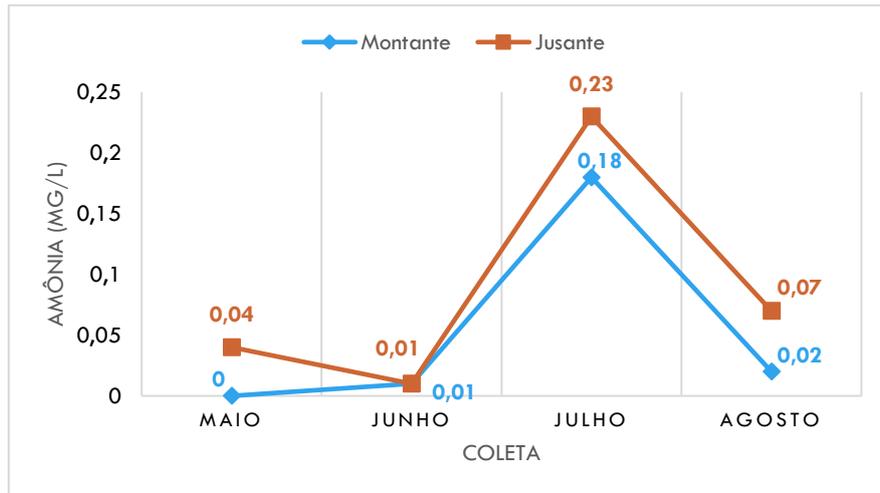


Figura 16: Gráfico comparativo das análises de amônia entre montante e jusante.

A amônia é um gás incolor, alcalino e irritante em condições normais de temperatura e pressão, além de ser bastante solúvel em água de pH ácido. Ela pode estar presentes em vários efluentes, tanto domésticos quanto industriais, e resultar da decomposição natural de matérias orgânicas (CETESB, 2022). Esse parâmetro costuma ser bem restritivo à vida aquática, visto que muitas espécies não suportam uma concentração de amônia acima de 5 mg/L, inclusive, valores acima de 0,01 mg/L já podem ser considerados tóxicos para os peixes (CETESB, 2022).

Sendo assim, observando a Figura 15, apesar de, na maioria dos meses, a jusante ultrapassar a quantidade de 0,01 mg/L de amônia, pode-se perceber que os valores ainda permanecem abaixo dos 5 mg/L permitido pela Resolução CONAMA 357/2005 (CETESB, c2022).

A Figura 16 apresenta um comparativo entre os resultados de fósforo total à montante e à jusante do despejo pela indústria, no trecho estudado do Córrego Água Bonita.

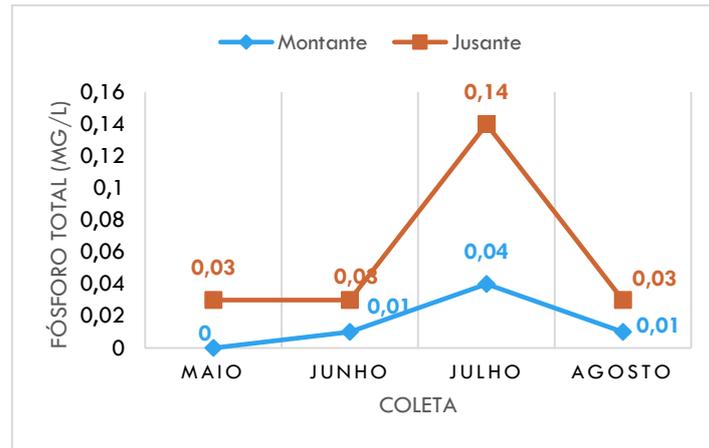


Figura 17: Gráfico comparativo das análises do fósforo total entre montante e jusante.

É possível ver a quantidade de fósforo total presente no montante e na jusante do córrego Água Bonita. Esse parâmetro funciona como indicador do excesso do fósforo nas águas, o qual é um nutriente essencial para a fauna e flora aquática, entretanto, suas altas quantidades podem causar a proliferação excessiva de algas, causando a limitação e esgotamento do oxigênio para os outros organismos aquáticos. Sendo assim, observando os resultados mensais da quantidade de Fósforo Total, é possível perceber que no mês de julho esteve acima de 0,05 mg/L, que é o valor máximo estabelecido pela resolução 357 do CONAMA (CONAMA, 2005), podendo trazer prejuízos para os peixes e outros organismos.

A Figura 17 apresenta um comparativo entre os resultados de nitrato à montante e à jusante do despejo pela indústria, no trecho estudado do Córrego Água Bonita.

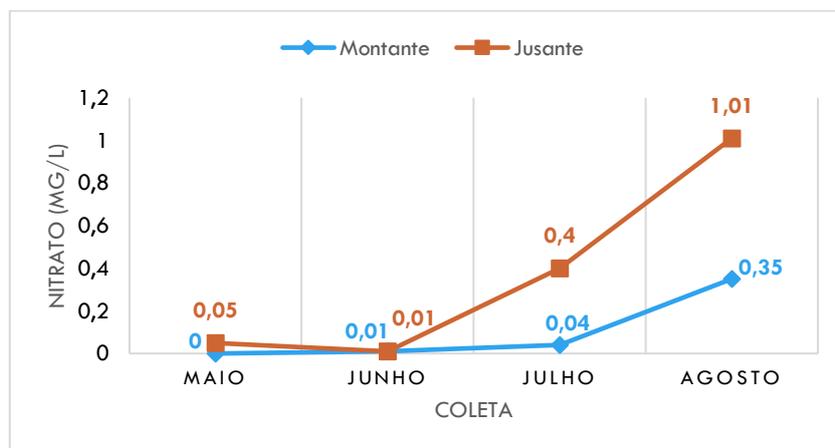


Figura 18: Gráfico comparativo das análises de nitrato entre montante e jusante.

O nitrato (NO_3^-) é a principal forma de nitrogênio associado à contaminação da água, e são na maioria das vezes ocasionados pelas atividades agropecuárias. Os fertilizantes usados

nas plantações, possuem amônia (NH_3) que rapidamente é convertido em amônio (NH_4^+) que, por fim, é convertido em nitrato pelo processo microbiano da nitrificação. O excesso do enriquecimento de nitrato nas águas superficiais leva à eutrofização dos mananciais. (RESENDE, 2002).

Sendo assim, observando a Figura 17, podemos perceber uma elevação de nitrato nos meses de julho e principalmente no mês de agosto, porém, bem abaixo dos 10 mg/L que é permitido pela legislação (CONAMA, 2005).

7. CONCLUSÃO

A partir dos resultados das análises, é possível observar que, com exceção da primeira coleta referente ao mês de maio, na qual demonstra que o pH da jusante esteve acima do que é estabelecido pela legislação CONAMA 357/2005, e a terceira coleta referente do mês de julho, na qual demonstra que o Fosforo Total esteve acima do que é estabelecido pela legislação, os demais parâmetros analisados estão de acordo com ela.

Até onde pode se observar neste trabalho, dentro do período de coleta e trecho estudado do Córrego Água Bonita, não tem havido impacto significativo do despejo de efluentes pela indústria sucroalcooleira.

REFERÊNCIAS

ALVES, E. C.; SILVA, C. F.; COSSICH, E. S.; TAVARES, C. R. G.; SOUZA FILHO, E. E.; CARNIEL, A. Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó – Maringá, Estado do Pará, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. **Acta. Scri. Technol.**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 39-48, 2008.

AMÔNIA. **CETESB**, c2022. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/contaminantes/amonia/>>. Acesso em: 24 out. 2021.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21 ed. Washington DC: American Public Health Association. 2005.

AVELAR, R. J.; PINHEIRO, H. H.; CABRAL, R. R.; CASTRO, J. A.; EVANGELISTA, W. L. Análise do processo produtivo industrial de uma usina sucroalcooleira do centro-oeste mineiro. In: VII Semana de Ciência e Tecnologia IFMG - campus Bambuí VII Jornada Científica e I Mostra de Extensão. Bambuí, Brasil. **Anal.** Bambuí: Instituto Federal Minas Gerais (IFMG), 2014.

BORTOLETO, J. F.; FIGUEIRA, A. V. O. **A biotecnologia no melhoramento da cana-de-açúcar**. [s/d]. [s/p]. Programa de pós-graduação em genética e melhoramento de plantas (resumo) – Departamento de Genética – Universidade de São Paulo, São Paulo, Piracicaba. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/departamentos/lgn/pub/seminar/JFBortoleto-200801-Resumo.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

CONAMA, Resolução nº 357, de 17 de Março 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA; “Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências”; publicada no Diário Oficial da União em 18/03/2005; Brasília, DF. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_aaltrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2022.

DIFERENÇA entre afluentes e efluentes. **Multiagua**, c2022. Disponível em: <https://multiagua.com.br/informacoes/diferencas-entre-afluentes-e-efluentes/?gclid=Cj0KCQjw2_OWBhDqARIsAAUNTT6JdtVtkl8lL8lJXxyzJkCxiHMzYws6jVbh_zJhhEZ2oXOcdDXlosaAuGrEALw_wcB>. Acesso em: 25 jul. 2022.

DUARTE, G. R. B.; CHINELATO, G.; MENDES, L. G.; MATIOLI, T. F. Cana-de-açúcar: plantio, colheita e gestão. **CHBAGRO**, 2020. Disponível em: <<https://blog.chbagro.com.br/cana-de-acucar-plantio-colheita-e-gestao>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

EFLUENTES industriais: entenda o impacto do descarte sem o tratamento correto. **Tera Ambiental**, 2019. Disponível em: <<https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/efluentes-industriais-o-impacto-do-descarte-sem-tratamento-correto>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

ENTENDA como funciona o processo produtivo de usinas sucroalcooleiras. **Procenge**, c2021. Disponível em: <<https://procenge.com.br/entenda-como-funciona-o-processo-produtivo-de-usinas-sucroalcooleiras/>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

FERRAZ, V. C. **Termelétrica-uma visão geral: combustíveis, ciclos térmicos, eficiência**. 2018. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

FERREIRA, N. C. F.; DUARTE, J. R. M.; OLIVEIRA, L. A. B.; SILVA, E. C.; CARVALHO, I. A. O papel das matas ciliares na conservação do solo e água. **Revista Biodiversidade**, v. 18, n. 3, 2019.

FIALHO, M. L.; CARNEIRO, A. P. C.; REIS, K. P.; CAMPOS, O. N.; FRANCO, M. V. O impacto da vinhaça produzida pela cana-de-açúcar na produção de etanol – poluição ambiental. **Revista científica intraciência**, Guarujá, 17 ed., 2019, p. 1-14. Disponível em: <https://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20190312105011.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2022.

FLUXOGRAMA de Fabricação: Etanol, Açúcar e Energia. **Energia Responsável Cocal**, [s/p]. Disponível em: <<http://www.cocal.dominiotemporario.com/conteudo/21/3/fluxograma-de-fabricacao.html>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

FOGAÇA, J. R. V. Processo de produção de álcool. **Mundo Educação**, c2021. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/processo-producao-alcool.htm>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

FÓSFORO total. **Eco Health**, c2022. Disponível em: <<https://ecoreportcard.org/pt/cartoes-relatorios/baia-de-guanabara/indicadores/fosforo-total/>>. Acesso em: 24 out. 2022.

IEA. Informações estatísticas da agricultura. **Anuário IEA**, 2009-2012. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/publicacoes/anuario.php>>. Acesso em: 05 jun. 2021.

LOPES, M. L.; AMORIM NETO, H. B.; AMORIM, H. V. Volume de vinhaça: menos é mais. **Fermentec News**, 2019. Disponível em: <<https://fermentecnews.com.br/2019/07/16/volume-de-vinhaca-menos-e-mais/>>. Acesso em: 27 nov. 2022.

MANUAL DE CONSERVAÇÃO E REÚSO DE ÁGUA NA AGROINDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA. Agência Nacional de Águas; Federação das Indústrias do estado de São Paulo; União da Indústria da cana de açúcar; Centro de Tecnologia Canavieira. Brasília, 2009.

MATIAS, A. R. Rios. **Brasil Escola**, 2021. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/rios.htm>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

MEZAROBIA, S.; MENEGUETTI, C. C.; GROFF, A. M. Processos de produção do açúcar de cana e os possíveis reaproveitamentos dos subprodutos e resíduos resultantes do sistema. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, 4, 2010, Campo Mourão, Brasil. **Anais do IV Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial**, novembro, 2010, p. 1-10. Disponível em: <http://www.fecilcam.br/anais/iv_eepa/data/uploads/9-engenharia-da-sustentabilidade/9-04-com-autores.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2021.

Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212 p.

NACHILUK, K. Alta na Produção e Exportações de Açúcar Marcam a Safra 2020/21 de Cana. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 16, n. 6, jun. 2021, p. 1-5. Disponível em: <[http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15925#:~:text=O%20Estado%20de%20S%C3%A3o%20Paulo,0%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas\)2](http://www.iea.sp.gov.br/out/TerTexto.php?codTexto=15925#:~:text=O%20Estado%20de%20S%C3%A3o%20Paulo,0%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas)2)>. Acesso em: 27 nov. 2022.

OUTORGAS. **DAEE**, c2020. Disponível em: <<http://www.dae.sp.gov.br/site/oqueeoutorga/>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

OXIGÊNIO dissolvido. **CETESB**, c2021. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

PENA, R. F. A. Poluição hídrica. **Mundo Educação**, c2021. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/poluicao-das-aguas.htm>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

PEREIRA, I. Z.; SANTOS, I. F. S.; SILVA, H. L. C.; BARROS, R. M. Uma breve revisão sobre a indústria sucroalcooleira no Brasil com enfoque no potencial de geração de energia. **Revista Brasileira de Energia**, v. 25, n. 2, 2019, p. 111-130.

PH. **CETESB**, c2022. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/ph/>>. Acesso em: 24 out. 2021.

RESENDE, Á. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 29 p.

RIBEIRO, F. M. G. **Usos da água na indústria sucroalcooleira: estudo de caso**. 2011. Dissertação (Mestrado em concentração em Saneamento e Ambiente) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2011.

SCHNEIDER, V. Qual a importância da análise de sólidos sedimentáveis? **Promatec**, 2021. Disponível em: <<https://www.promatecambiental.com.br/blog/qual-a-importancia-da-analise-de-solidos-sedimentaveis/>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

SECUNDINI, W. H. Importância da mata ciliar (ripária) na qualidade da água de abastecimento do Rio Piava no ponto de captação de Umuarama-PR. 2018.

SÓLIDOS (totais e dissolvidos). **Hach**, c2022. Disponível em: <<https://pt.hach.com/parameters/solids>>. Acesso em: 24 out. 2022.

SOUZA, E. J. C. O que é turbidez da água e como ela afeta o tratamento de água? **Blog 2 Engenheiros**, 2017. Disponível em: <<http://2engenheiros.com/2017/12/12/turbidez-da-agua/>>. Acesso em: 24 out. 2022.

TRATAMENTO de esgotos. **Sabesp**, [s/d]. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=49>>. Acesso em: 08 dez. 2021.

UM guia completo sobre o setor sucroalcooleiro. **Armac**, 2021. Disponível em: <<https://armac.com.br/blog/usinas/setor-sucroalcooleiro/>>. Acesso em: 25 jul. 2022.

VIEIRA, A. B. S. G.; ALVES, F. C. R. Poluição do rio são patrício por usina sucroalcooleira no território de Itapaci - GO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 9, 2017, Belo Horizonte, Brasil. **Anais do IX Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental**, 2017. p. 1-9. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/xvенеeamb/046.pdf>>. Acesso em 05 jun. 2021.

VOCÊ sabe o que são Sólidos Sedimentáveis? **LABB**, c2021. Disponível em: <<https://www.labb.com.br/blog/artigos/voce-sabe-o-que-sao-solidos-sedimentaveis>>. Acesso em: 08 dez. 2021.