



WATER TREATMENT AGAINST WASTE: THE CONTRIBUTION OF THE POLICIES OF THE 6TH SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOAL



Thiago de Aguiar¹
Ruan Carlos dos Santos²

ABSTRACT

Objective: In order to assess the impacts caused by the incorrect disposal of waste frying oil in a water body, samples were taken from the Comprido River in the city of Joinville in the state of Santa Catarina for physical and chemical analysis. In addition to the impacts of waste, the UN's diagnosis of the country's situation in relation to SDG 6: Ensure availability and sustainable management of water and sanitation for all.

Methodology/Approach: A quantitative approach was used to measure the data, predetermined variables, data analysis and interpretation and an exploratory approach to the literature and the ONU/UNICEF report on SDG 6 - DRINKING WATER AND SANITATION.

Originality/Relevance: It was possible to verify that one of the ways to solve the pollution problem is the development of awareness policies and programs, both from the public and private sectors, that clarify that water is a renewable resource, but finite and increasingly scarce. Therefore, the "drop by drop" project implemented in the Dr. Tufi Dippe school has proven to be important, because the students, collaborators, and the community in general have adhered to the correct disposal of residual cooking oil, adding up to a total of 768 liters of oil collected in three months.

Main conclusions: It is of great importance and urgency to carry out a more in-depth study of the environmental impacts of the region where the Comprido River is located, as was perceived in loco and portrayed in this work, and that the approach to water use and conservation, as well as the problems surrounding the basin, can be supported by environmental education, which should potentially be an instrument for changing behavior patterns and valuing the environment and the water body. With regard to sanitation, although the SDGs focus on universal and equal access to water supply and sewage services, they do not explicitly address the issues of urban rainwater drainage and the collection and treatment of solid urban waste.

Theoretical/methodological contributions: According to CONAMA 357/05, the BOD results are within the parameters of BOD 5 days at 20°C up to 5 mg/L O₂. The natural organic load of the Comprido River, added to domestic sewage effluents, contributes to a worsening of this parameter, as the organic load tends to increase more and more, due to population growth and the lack of a sewage collection and treatment system. From a theoretical and conceptual point of view, the set of SDG 6 targets reinforces the fundamental principles and elements, such as social participation, shared and integrated water management, regional development and the environment, as well as institutional strengthening, the efficient use of water and the responsibility of the state in providing sanitation.

Key-words: Urban Planning. Sewage treatment. Pollution of lakes. SDG.

Received on: March/24/2024

Approved on: June/08/2024

DOI: <https://doi.org/10.37497/2965-7393.SDGs-Countries.v6.n00.56>

¹ UNIVILLE - Universidade de Joinville, Santa Catarina (Brazil). **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-3604-8973>

² Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC-ESAG), Santa Catarina (Brazil). **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-7396-8774>



TRATAMENTO DA ÁGUA CONTRA RESÍDUOS: A CONTRIBUIÇÃO DAS POLÍTICAS DO 6º OBJETIVO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

RESUMO

Objetivo: Com o objetivo de avaliar os impactos causados pelo descarte incorreto do óleo residual de fritura em um corpo hídrico foram realizadas coletas de amostras do Rio Comprido na Cidade de Joinville do Estado de Santa Catarina para análises físico-químicas. E além dos impactos dos resíduos ver as políticas diagnóstico da ONU sobre a situação do país em relação ao ODS 6: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.

Metodologia/abordagem: Foi usada a abordagem quantitativa para a mensuração dos dados, variáveis predeterminadas, análise e interpretação dos dados e abordagem exploratória da literatura e relatório da ONU/UNICEF sobre o ODS 6 – AGUA POTÁVEL E SANEAMENTO.

Originalidade/Relevância: Foi possível constatar que uma das maneiras para resolver o problema da poluição é o desenvolvimento de políticas e programas de conscientização, tanto do poder público como da iniciativa privada, que esclareça que a água é um recurso renovável, porém finito e cada vez mais escasso. Por isso, o projeto “de gota em gota” implantado no colégio Dr. Tufi Dippe demonstrou-se importante, pois os alunos, colaboradores e comunidade no geral aderiram à destinação correta do óleo residual de fritura somando um total de óleo coletado em 3 meses de 768 litros.

Principais conclusões: É de grande importância e urgência um estudo de impactos ambientais mais aprofundados da região onde está localizado o Rio Comprido, como foi percebido in loco e retratado neste trabalho e que a abordagem do uso e conservação da água, assim como os problemas que envolvem a bacia possam ser apoiados na educação ambiental, a qual potencialmente deve ser um instrumento de alteração de padrões de comportamento e de valorização do meio ambiente e do corpo hídrico. Com relação ao saneamento, embora os ODS tragam um enfoque no acesso universal e igualitário aos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, eles não abordam explicitamente as questões sobre drenagem urbana de águas pluviais e coleta e tratamento de resíduos sólidos urbanos.

Contribuições teóricas/metodológicas: Conforme CONAMA 357/05, os resultados de DBO estão dentro dos parâmetros de DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂. A carga orgânica natural do Rio Comprido somadas aos efluentes de esgoto doméstico contribui para um agravamento deste parâmetro pois a carga orgânica tende a aumentar cada vez mais, em função do aumento populacional e da inexistência de sistema de coleta de tratamento de esgoto. Do ponto de vista teórico e conceitual, o conjunto das metas do ODS 6 reforça os princípios e elementos fundamentais, como a participação social, a gestão compartilhada e integrada da água, o desenvolvimento regional e o meio ambiente, assim como o fortalecimento institucional, o uso eficiente da água e a responsabilidade do Estado no provimento do saneamento são reforçados com o advento da Agenda 2030.

Palavra-chave: Planejamento Urbano. Tratamento de esgoto. Poluição dos Lagos. ODS.

1. INTRODUÇÃO

Um dos fatores determinantes para a saúde humana é a disponibilidade de água potável. As principais fontes de água para consumo humano são as zonas húmidas, tais como lagos, rios, etc. O uso adequado dos recursos hídricos vem sendo considerado de grande importância, pois a água está presente em toda a biosfera: nos corpos d'água, no ar, no solo, no subsolo e nos seres vivos e desempenha importantíssima função em quase todas as atividades humanas, econômicas e culturais.

Aproximadamente 2,2 bilhões de pessoas no mundo todo não têm acesso à água potável e 4,2 bilhões a serviços básicos de saneamento, de acordo com dados do relatório “Progressos em matéria de água potável, saneamento e higiene: 2000-2017”, assinado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF).

Segundo a ONU em seu Relatório Síntese de 2018 sobre o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 relacionado à água e ao saneamento, “o desenvolvimento social e a prosperidade econômica dependem da gestão sustentável dos recursos de água doce e dos ecossistemas”. Dessa maneira, a disponibilidade de água e saneamento faz-se necessária para qualquer aspecto da vida e do desenvolvimento sustentável (Johann et al, 2023).

As principais causas de deteriorização dos rios, lagos e dos oceanos são: poluição, e contaminação por poluentes industriais e esgotos. Estudos da Comissão Mundial de Água demonstra que cerca de 3 bilhões de habitantes no planeta estão vivendo sem o mínimo necessário de condições sanitárias. Um milhão não tem acesso à água potável. O resultado desses graves problemas, é a epidemia de diversas doenças como diarreia,



esquistossomose, hepatite e febre tifoide, que matam mais de 5 milhões de seres humanos por ano, sendo que um número maior de doentes sobrecarrega os precários sistemas de saúde destes países.

Sabe-se que a água é um dos recursos naturais mais significativos aos seres humanos e que sofre uma degradação constante devido aos processos antrópicos instalados no meio ambiente. Para cada uso previsto existe uma padronização a ser seguida e exigida. Estes padrões estão baseados em análises laboratoriais de parâmetros essencialmente físico-químicos e biológicos. Mas, nem sempre estes parâmetros são suficientes, sendo impossível a determinação química de todos os componentes existentes em uma amostra de água, para se avaliar o efeito de certas substâncias sobre a vida aquática são necessários ensaios complementares sendo utilizados seres vivos como bioindicadores. Existe no mercado uma diversidade de ensaios com bioindicadores, que são classificados em ensaios agudos e crônicos.

Os ensaios agudos demonstram a resposta rápida dos organismos perante alguma amostra num curto período de tempo. Os ensaios crônicos demonstram a resposta dos organismos em contato a um longo período de tempo abrangendo parte do seu ciclo de vida ou mais. Assim sendo, tendo-se uma ferramenta de monitoramento crônico é possível detectar a presença de alterações em longo prazo de concentrações subletais, pois somente organismos vivos têm capacidade de responder a esses estímulos.

De acordo com Baptista *et al.* (2000), os parâmetros físico-químicos e biológicos devem ser complementares e indispensáveis como critérios de avaliação para definir a qualidade e eficiência do tratamento de efluentes empregado pelas indústrias, e não apenas a realização de testes de toxicidade aguda, mas também análises mais criteriosas quanto a toxicidade crônica dos mesmos.

Joinville, situada ao norte de Santa Catarina, é a cidade com o maior nível de desenvolvimento econômico e industrializada do estado, responsável por cerca de 20% das exportações catarinenses e possui o segundo PIB industrial per capita do Brasil. O serviço de coleta e tratamento do esgoto da cidade corresponde a 18% de toda sua extensão, ou seja, sem tratamento dos efluentes domésticos, o destino final são os corpos hídricos. Estes efluentes por sua vez são de elevado teor de matéria orgânica e inorgânica.

O rio Comprido é um dos principais e maiores corpos hídricos da região e receptor de todos os despejos urbanos do bairro Comasa, fatos que tornam imprescindíveis propor e empreender um manejo adequado em caráter de urgência. Nas questões que envolvem a gestão dos recursos hídricos, considera-se que o diagnóstico ambiental seja o primeiro passo para conhecer a realidade dos impactos antrópicos.

As análises de água, em pontos estratégicos ao longo de um curso d'água, caracterizam a qualidade da água por meio de variáveis hidrológicas, físicas, químicas e biológicas e relacionam-se demonstrando a real situação do corpo hídrico. Por isso, uma alternativa para resolver os problemas causados pelo descarte inadequado do óleo de cozinha seria recolocá-lo novamente como matéria-prima, evitando assim os grandes transtornos nos sistemas de tratamento de água e, também, diminuindo a poluição do ar, devido ao fato do óleo em contato com o sol gerar gases poluentes.

O uso do óleo vegetal no cotidiano é inevitável, seja ele utilizado para preparar alimentos ou fazendo parte deles. Após o uso, transforma-se em resíduo indesejável nos lares e estabelecimentos, ocorrendo então seu descarte de forma inadequada, ocasionando a contaminação dos recursos hídricos, afetando a fauna, a flora e a sociedade de forma direta e indireta. É extremamente importante analisar alguns parâmetros de qualidade da água tais como, pH, T, OD, DBO e óleos e graxas visando identificar as contaminações existentes no corpo hídrico por óleo residual de fritura a conscientização e implantação de pontos de coletas de óleo residual de fritura evitando assim a contaminação dos corpos hídricos.

Com relação ao ODS 6, o Brasil vem evoluindo, porém, quase 35 milhões de brasileiros continua sem acesso a água e quase 100 milhões ao esgoto. Os desafios permanecem e a desigualdade de acesso é um deles. No Sudeste, 91,03% da população é abastecida com água tratada; enquanto no Norte, a porcentagem cai para 57,05%. Já em relação ao acesso aos esgotos, a região com maior porcentagem é a Sudeste, com 79,21%. No Norte, apenas 10,49% da população têm o esgoto coletado.

Recentemente, o novo Marco Legal de Saneamento Básico, aprovado dia 15 de julho de 2020, recebeu bastante atenção. A nova lei brasileira tem o objetivo de universalizar e qualificar os serviços no setor até 2033. A meta é garantir que 99% da população tenha acesso à água potável e 90% ao tratamento e coleta de esgoto. Uma medida polêmica é o estímulo de investimento privado através da abertura de licitação entre empresas públicas e privadas.

Dentro desse contexto, o presente estudo apresenta a análise da água do rio, mostrar medidas práticas da coleta dos resíduos, para avaliação do descarte ou aproveitamento correto do óleo de cozinha gerado pela população da cidade de Joinville.





2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Características da região de Joinville

Conforme Instituto de Pesquisa e Planejamento Sustentável de Joinville - IPPUJ (2007 a), o relevo do município se desenvolve sobre terrenos cristalinos da Serra do Mar, e uma área de sedimentação costeira. A parte oeste do território do município estende-se até os contrafortes da Serra do Mar, cujas escarpas se estendem desde o Estado do Rio de Janeiro, marginados em sentido leste por planícies deposicionais.

Destaca-se a Serra Queimada, atingindo o ponto de 1.325 metros de altitude; na parte leste ocorre uma região de planícies, resultado de processos sedimentares aluvionais nas partes mais interioranas e marinhas na linha da costa, onde ocorrem os mangues. Justamente nesta unidade se desenvolve a ocupação humana (área agricultável e urbana), com altitude que varia de 0 a 20 metros; inseridos na região da planície ocorrem morros isolados, constituídos de formas de relevo arredondadas, conhecidas como “Mar de Morros” sendo o morro do Boa Vista o mais alto da área urbana, com 220 metros (IPPUJ, 2007 a).

Com relação à vegetação da região de Joinville, ela pode ser classificada de forma geral como Floresta Ombrófila Densa, parte integrante do domínio da Floresta Atlântica. Este tipo de vegetação assume características diferenciadas conforme a altitude, o clima e tipo de solo da região (IPPUJ, 2007 a).

A Floresta Atlântica caracteriza-se pela grande variedade de espécies da fauna e flora, formando vegetações densas e exuberantes, podendo atingir altura superior a 30 metros. As copas das árvores (docel) maiores ficam próximas formando um ambiente mais úmido e com pouca luminosidade, favorecendo a reprodução e vivência da fauna e flora (IPPUJ, 2007 a).

Nas camadas intermediárias, aparece o palmito juçara (*Euterpe edullis*), espécie muito comum, sendo uma característica marcante desse ecossistema, juntamente com o grande número de plantas epífitas, como as bromélias e orquídeas (IPPUJ, 2007 a).

Segundo IPPUJ (2007 a), o clima da região é do tipo úmido a super úmido, mesotérmico, com curtos períodos de estiagem, apresentando três subclasses de micro clima diferentes, devido às características do relevo.

Gaplan (1986) *apud* IPPUJ (2007 a), descreve na classificação de *Thorntwaite*, as três subclasses da região são: A B'4 ra' (super úmido) na planície costeira; B4 B'3 ra' (úmido) nas regiões mais altas; e B3 B'1 ra' (úmido) no planalto ocidental.

Adotando o período dos últimos 10 anos, a temperatura média anual é de 22,41 °C, sendo a média das máximas 25,73 °C e a média das mínimas de 19,41 °C.

UNIVILLE *apud* IPPUJ (2007) relata que a precipitação média anual para a cidade de Joinville, nos últimos 10 anos é de 2.205,3 mm, sendo a menor média de precipitação no mês de junho, com 82,0 mm, e a maior média no mês de janeiro com 355,6 mm.

A região apresenta um grande potencial em recursos hídricos, proporcionado pela combinação das chuvas intensas com a densa cobertura florestal remanescente. A hidrografia local é fortemente influenciada por aspectos estruturais e geomorfológicos. A rede de drenagem natural da região apresenta formato dendrítico, com leitos encachoeirados e encaixados em vales profundos, com vertentes curtas nos cursos superiores e médios. Nas planícies de inundação apresenta baixa declividade e grande sinuosidade natural (IPPUJ, 2007 a).

O ordenamento hidrográfico do município é constituído por sete unidades de planejamento e gestão dos recursos hídricos, as bacias hidrográficas: Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Norte (BHRC), Bacia Hidrográfica do Rio Pirai, Bacia Hidrográfica do Rio Itapocuzinho, Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste e Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Sul (IPPUJ, 2007 a).

Na região das Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste, está localizado o bairro Comasa, habitado por população de baixo poder aquisitivo e em alguns lugares em áreas invadidas.

Essas Bacias caracterizam-se pelo fato de que os seus cursos d'água têm suas nascentes localizadas junto aos Morros da Boa Vista e Iririú e escoam diretamente na Baía da Babitonga. Os principais rios que formam esta unidade de planejamento (Figura 01) e gestão dos recursos hídricos são: Rio do Ferro, Rio Iririú-mirim (próximo a Rua Guairá), Rio Fortuna e/ou Rio Guaxanduva, Rio Comprido (Rua Ponte Serrada), Rio Iririú-guaçu e Rio Cubatãozinho. A área das bacias é de 94,9 km² e possui uma população de 106.931 habitantes (IPPUJ, 2007). Os bairros que compõem a bacia são: Aventureiro, Comasa, Espinheiros, Iririú, Boa Vista, Jardim Iririú e Zona Industrial Tupy. A área verde existente na bacia é de 25,3 km². A área verde por habitante é de 241 m²/hab (IPPUJ, 2022 a).

O desenvolvimento das cidades afeta diretamente a qualidade da vida dos moradores e o meio ambiente como um todo. Atualmente, o município é atendido parcialmente por um sistema de esgotamento sanitário e a maioria dos efluentes domésticos e industriais ainda é lançado *in natura* nos cursos de água pluviais, prejudicando a flora e a fauna, trazendo também grandes riscos para a saúde pública.

O baixo número de ligações nas empresas, órgãos públicos e nas residências acarreta no despejo direto de esgoto nos corpos hídricos, mas conforme as Tabela 01 e 02, o número de ligações de abastecimento de água e rede coletora de esgoto nas empresas e nas indústrias tem aumentado ano a ano.





Há 20 anos aproximadamente, foi inaugurado um conjunto habitacional, dentro do bairro Boa Vista, conhecido popularmente por Comasa do Boa Vista. Nesta época, a região era menos urbanizada, existindo, porém, energia elétrica e água encanada. Palco de muitas enchentes, com ruas não calçadas, a região foi sofrendo melhorias aos poucos, com os moradores, por iniciativa própria, abrindo ruas e reivindicando a tubulação e calçamento das mesmas. As áreas que foram habitadas ilegalmente não possuem coleta de esgoto, fossa-filtro e nem mesmo caixa de gordura, ocasionando o despejo dos efluentes domésticos direto nos corpos hídricos (IPUJ, 2022 c).

Tabela 01 – Ligações de abastecimento de água em Joinville

Setor	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Residencial	100.283	104.102	105.791	105.726	108.847	111.109
Comercial	6.595	6.767	6.682	6.628	6.654	6.920
Industrial	675	690	695	704	710	759
Poder Público	492	849	875	884	893	924
Total	106.045	112.408	114.043	113.942	117.104	119.712

Fonte: Adaptado de Joinville – Cidade em Dados, Ambiente Construído (2022 b).

Tabela 02 – Ligações da rede de esgoto em Joinville

Setor	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Residencial	7.798	7.972	8.052	8.165	8.213	8.278
Comercial	1.684	1.820	1.848	1.850	1.880	2.024
Industrial	126	136	134	138	126	121
Poder Público	72	147	151	152	161	169
Total	9.668	10.075	10.185	10.305	10.380	10.592

Fonte: Adaptado de Joinville – Cidade em Dados, Ambiente Construído (2022 b).

1.2 Disponibilidade Hídrica

A água é um insumo essencial à maioria das atividades econômicas e a gestão deste recurso natural é de suma importância na manutenção de sua oferta em termos de quantidade e qualidade. Atitudes proativas são fundamentais nesse sentido, pois apesar da aparente abundância de recursos hídricos no Brasil, sua distribuição natural é irregular nas diferentes regiões do País.

A água existente no planeta é o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva, e está em constante movimento no ciclo hidrológico, fazendo parte dos seres vivos, dos rios, dos aquíferos, dos mares, das nuvens, etc, constituindo um sistema fechado, pelo qual transita a água, mobilizada pela energia solar (ASSIS, 2006).

O Brasil é o país com maior disponibilidade hídrica do planeta e concentra aproximadamente 15 % de toda água doce disponível para abastecimento. De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica-ANEEL (1998) *apud Garcia et al* (2007), a produção hídrica brasileira é de 182.170 m³/s, com volume de deflúvio de 5.745 km³/ano. Apesar da situação privilegiada, a relação entre demanda e disponibilidade de água doce é desigual. A Amazônia, região menos adensada do país, onde reside menos de 5% da população brasileira, concentra 80% da água doce disponível para o abastecimento. Nas demais regiões brasileiras, onde residem a maioria da população, a disponibilidade hídrica para fins de abastecimento é de apenas 20% (Garcia *et al*, 2007).

A disponibilidade mundial de água, de acordo com a Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN, 2005 *apud* ASSIS, 2006) apresenta a seguinte proporção: os oceanos contêm 97,30% dessa água, sendo imprópria para consumo e agricultura; as geleiras conservam 2,34%, sendo as mesmas de difícil aproveitamento; 0,36% abastecem rios, lagos e pântanos, sendo essa pequena proporção utilizada pelo ser humano. Destes 0,36%, ainda é possível dividir o consumo da seguinte forma: 80% são destinadas à agricultura, 15% à indústria, e os 5% restantes destinam-se ao consumo humano (Assis, 2006).

De acordo com dados do Ministério do Meio Ambiente MMA (2002) *apud Garcia et al* (2007), de toda água consumida atualmente no país, a agricultura responde por 70% da demanda, o setor industrial 22% e 8% corresponde ao uso doméstico.

Mais da metade dos principais rios do mundo “está gravemente exaurida e poluída, degradando e envenenando os ecossistemas ao redor e ameaçando a saúde e os meios de subsistência das pessoas que dependem deles” (WORLD COMMISSION ON WATER, 1999).

1.3 Fontes de Poluição Hídrica

A poluição hídrica pode ser definida como a introdução num corpo d’água de qualquer matéria ou energia que venha a alterar as propriedades dessa água, afetando, ou podendo afetar, por isso, a saúde das espécies animais ou vegetais que dependam dessas águas ou com elas tenham contato, ou mesmo que venham a provocar





modificações físico-químicas nas espécies minerais contatadas (Portugal, 2005). E é um fenômeno que pode resultar de qualquer intervenção humana na natureza, que gere resíduos os quais tendem a se dirigir às águas pelo escoamento superficial, ou pela percolação no perfil de solo dos componentes daqueles resíduos quando não depositados de forma segura do ponto de vista da preservação ambiental (Votto, 1999).

Existem centenas, talvez milhares, de poluentes que afetam o ambiente aquático e cujos efeitos são preocupantes. Esse número cresce anualmente, considerando-se que novos compostos e formulações são sintetizados. A poluição aquática está comumente associada à descarga de efluentes domésticos, industriais ou agrícolas. Em áreas agrícolas, a lixiviação de águas superficiais e a infiltração da água intersticial em rios e lagos podem introduzir nutrientes (a partir de fertilizantes) e agrotóxicos, em quantidades substanciais, nesses corpos d'água (Martinez; & Cólus, 2002; Albinati, 2007).

Para estudos de caráter geral, pode-se classificar as fontes poluidoras em pontuais e não pontuais ou difusas. As fontes pontuais são identificadas pela origem bem definida da emissão dos poluentes (como por exemplo, saídas de tubulação de esgotos). As fontes difusas, via de regra, têm uma origem dispersa e estão associadas a atividades do denominado setor de produção primária, gerando vários tipos de resíduos, tais como: resíduos de mineração decorrentes da lixiviação ou escoamento superficial; sólidos em suspensão resultante da erosão dos solos; substâncias tóxicas provenientes de agrotóxicos; fertilizantes solubilizados pela água das chuvas e dejetos escoados de áreas cercadas ou instalações destinadas à criação de animais (Assis, 2006).

Segundo a Declaração Universal dos Direitos da Água ONU (1992) *apud* Assis (2006), o equilíbrio e o futuro do planeta dependem da preservação da água e dos seus ciclos. Eles devem permanecer em funcionamento normal para garantir a continuidade da vida sobre a Terra. Cada atividade emite poluentes característicos, e cada um destes contaminantes causa um efeito, com diferentes graus de poluição.

Os depósitos de lixo possuem resíduos sólidos de atividades domésticas, hospitalares, industriais e agrícolas. A composição do lixo depende de fatores como nível educacional, poder aquisitivo, hábitos e costumes da população.

Entre os principais impactos nos sistemas hídricos está o acúmulo deste material sólido em galerias e dutos, impedindo o escoamento do esgoto pluvial. Pode-se ainda citar que a decomposição do lixo, produz um líquido altamente poluído e contaminado denominado chorume. Em caso de má disposição dos rejeitos, o chorume atinge os mananciais subterrâneos e superficiais (Pereira, 2003).

Este líquido contém concentração de material orgânico equivalente a uma escala de 30 a 100 vezes o esgoto sanitário, além de micro-organismos patogênicos e metais pesados (Benetti & Bidone, 1995; Pereira, 2007).

Os principais poluentes da atividade agrícola são os defensivos agrícolas. Os defensivos químicos empregados no controle de pragas são pouco específicos, destruindo indiferentemente espécies nocivas e úteis. Os inseticidas quando usados de forma indevida, acumulam-se no solo, os animais se alimentam da vegetação prosseguindo o ciclo de contaminação. Com as chuvas, os produtos químicos usados na composição dos pesticidas infiltram no solo contaminando os lençóis freáticos e acabam escoando para os rios continuando a contaminação. Fertilizantes sintéticos e agrotóxicos (inseticidas, fungicidas e herbicidas), usados em quantidades abusivas nas lavouras, poluem o solo e as águas dos rios, onde intoxicam e matam diversos seres vivos dos ecossistemas (Pereira, 2007).

Segundo Pereira (2007), as águas residuárias industriais apresentam uma grande variação tanto na sua composição como na sua vazão, refletindo seus processos de produção. Originam-se em três pontos, sendo a água sanitária de efluentes de banheiro e cozinhas com as mesmas características dos esgotos sanitários. As águas de refrigeração provenientes de vários processos industriais afetam os organismos por poluição térmica e por possuir cromo na sua composição e, as águas de processo têm características próprias do produto que está sendo manufaturado (Tabela 3).

Tabela 03 – Caracterização de águas residuárias de alguns ramos industriais

Ramo industrial	Efluentes
Celulose	Matéria orgânica e compostos organoclorados não biodegradáveis
Curtume	Cromo e borra de tinta
Fertilizantes	Nitrogênio, fósforo
Galvanoplastia	Metais pesados, cianetos, acidez, material em suspensão e dissolvido
Matadouros	Material em suspensão, nutrientes, matéria orgânica, cor e micro-organismos
Pesqueira	Nitrogênio total, gorduras, sólidos totais e matéria orgânica
Óleos vegetais	Matéria orgânica, nutriente, material em suspensão, óleos e graxas
Refinarias de petróleo	Material em suspensão
Siderúrgica e Metalúrgica	Fenóis, cianetos, amônia, fluoretos, óleos e graxas, ácido sulfúrico, sulfato de ferro e metais pesados
Têxtil	Ácido e álcalis, cor, material em suspensão, óleos e graxas

Fonte: Adaptado de Pereira, 2022.





A poluição dos recursos hídricos pelo lançamento de esgoto doméstico pode impactar os indicadores de agravamento à saúde e, portanto, aumentar a demanda por serviços de saúde, e absenteísmo a força de trabalho; aumentar os custos dos sistemas de tratamento de águas para o abastecimento para fins residências e industriais (Zoratto, 2006).

O maior fator de deterioração do meio ambiente está, no entanto, associado aos esgotos oriundos das atividades urbanas. Os esgotos contêm nitrogênio e fósforo, presentes nas fezes e urina, nos restos de alimentos, nos detergentes e outros subprodutos das atividades humanas. A contribuição de N e P através dos esgotos é bem superior à contribuição originada pela drenagem urbana (Von Sperling, 1996).

Esta camada superficial impede a penetração da energia luminosa nas camadas inferiores do corpo d'água, causando a morte das algas situadas nestas regiões. A morte destas algas traz, em si, uma série de outros problemas. Estes eventos de superpopulação de algas são denominados floração das águas (Zarotto, 2006).

1.4 Indicadores de Qualidade da Água

Em geral, as consequências de um determinado poluente dependem das suas concentrações, do tipo de corpo d'água que o recebe e dos usos da água. Para a definição de limites de concentrações de cada poluente, o CONAMA dividiu na Resolução nº 357/05 os sistemas hídricos em 3 grandes grupos subdivididos em 13 classes de acordo com o tipo (água doce, salina e salobra) e os vários usos de suas águas. Esta classificação denominada como enquadramento, e a definição das concentrações dos despejos para cada classe tem suas limitações, porém é um ponto de referência para a fiscalização e gerenciamento dos recursos hídricos. Os parâmetros observados em águas doces variam de acordo com sua classificação (Anexo I), podendo destacar os valores de pH, OD, DBO e óleos e graxas (Tabela 4). Os indicadores analisados, conforme citado anteriormente, foram baseados no Índice de Qualidade das Águas – IQA (CETESB, 2005).

Tabela 04 – Valores de alguns parâmetros para água doce de acordo com as classes de uso segundo CONAMA

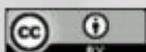
PARÂMETROS	CLASSE 1	CLASSE 2	CLASSE 3
pH	6,0 a 9,0.	6,0 a 9,0.	6,0 a 9,0.
OD	< 6 mg/L O ₂ ;	< 5 mg/L O ₂ ;	< 4 mg/L O ₂ ;
DBO 5, 20°C	até 3 mg/L O ₂	até 5 mg/L O ₂ ;	até 10 mg/L O ₂ ;
óleos e graxas	virtualmente ausentes	virtualmente ausentes	virtualmente ausentes;

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA 357/2005

O pH indica a condição de acidez ou neutralidade da água, podendo ser resultado de fatores naturais e antrópicos. Valores altos de pH (alcalino) de sistemas hídricos podem estar associados à proliferação de vegetais em geral, pois com o aumento da fotossíntese há consumo de gás carbônico e portanto, diminuição do ácido carbônico da água e consequente aumento do pH (Sperling, 1996). A acidez no meio aquático (pH baixo) é causada principalmente pela presença de Gás carbônico, ácidos minerais e sais hidrolisados. Quando um ácido reage com a água, o íon hidrogênio é liberado, acidificando o meio. As variações do pH no meio aquático estão relacionadas ainda com a dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese.

OD (Oxigênio dissolvido) é um dos principais parâmetros para controle dos níveis de poluição das águas, sendo fundamental para manter e verificar as condições aeróbicas num curso d'água que recebe material poluidor. A quantidade de oxigênio dissolvido depende da temperatura da água e da pressão atmosférica. Quanto maior a pressão, maior a dissolução, e quanto maior a temperatura, menor a dissolução desse gás. Naturalmente existem duas fontes de oxigênio para os sistemas aquáticos: o primeiro é a atmosfera, e o segundo é a fotossíntese, realizada pelos seres vivos. Durante a estabilização aeróbica da matéria orgânica, as bactérias decompositoras fazem uso do oxigênio em seus processos respiratórios, podendo diminuir sua presença no meio. Caso o oxigênio seja realmente totalmente consumido, tem-se condições anaeróbicas do ambiente e a geração de condições redutoras, aumentando a toxicidade de muitos elementos químicos, que assim tornam-se mais solúveis, como por exemplo, os metais (Balls *et al.*, 1996). Altas concentrações de oxigênio dissolvido são indicadores da presença de vegetais fotossintéticos e baixos valores indicam a presença de matéria orgânica (provavelmente originada de esgotos), ou seja, alta quantidade de biomassa de bactérias aeróbicas decompositoras (Pereira, 2007).

A DBO₅ é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável, sendo considerado o período de cinco dias numa temperatura de incubação de 20°C (CETESB, 1993). O princípio da determinação da DBO consiste em medir o OD no início e no final de um período. A DBO consiste numa medida de um agregado de matéria orgânica que inclui todos os tipos. Ela precisa, de fato, que os microorganismos utilizem a matéria orgânica em seu processo de





respiração e removem o oxigênio da água (Sperling, 1997). Mesmo sendo uma medida indireta da matéria orgânica, a DBO_5 é um importante parâmetro para indicação da qualidade de água, pois representa uma indicação aproximada da fração biodegradável da matéria orgânica, da taxa de biodegradação da matéria orgânica e da taxa de consumo de oxigênio, além de determinar a quantidade de oxigênio requerido para a estabilização biológica da matéria orgânica. Quando esses microrganismos respiram, consomem certa quantidade de oxigênio, ou seja, provocam uma demanda de oxigênio (SILVA, 1990).

Consideram-se óleos ou graxas hidrocarbonetos, ácidos graxos, sabões, gorduras, óleos e ceras, assim como alguns compostos de enxofre, certos corantes orgânicos e clorofila (Baumgarten & Pozza, 2001). Na ausência de produtos industriais especialmente modificados, os óleos e graxas constituem-se de materiais graxos de origem animal e vegetal, e de hidrocarbonetos originados do petróleo. Quando essas substâncias estão presentes em quantidades excessivas, podem interferir nos processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos, causando ineficiência do tratamento de águas residuárias. Nesses casos, podem causar acúmulo excessivo de escória em digestores obstruindo os poros dos filtros e impedir o uso do lodo como fertilizante. Quando descartados juntos com águas residuárias ou efluentes tratados, os óleos e graxas podem formar filmes sobre a superfície das águas e se depositarem nas margens, causando assim diversos problemas ambientais (Pereira, 2007).

1.5. Teste Ecotoxicológico

A Toxicologia Ambiental e a Ecotoxicologia são termos empregados para descrever o estudo científico de efeitos adversos causados sobre os organismos vivos pelas substâncias químicas liberadas no ambiente. Em geral, a expressão Toxicologia Ambiental é usada nos estudos em que se abordam os efeitos das substâncias químicas sobre os seres vivos individualmente e o termo Ecotoxicologia, para estudos dos efeitos desses compostos sobre populações e seus comportamentos nos ecossistemas (Chasin & Azevedo, 2003).

O estudo da toxicologia ambiental parte do reconhecimento que (a) a sobrevivência humana depende do bem estar de outras espécies e na disponibilidade de ar puro, água e comida; e (b) substâncias químicas antropogênicas, bem como as que ocorrem naturalmente no ambiente podem causar efeitos deletérios nos organismos vivos e nos processos ecológicos. O estudo da toxicologia ambiental preocupa-se com a interação entre os agentes tóxicos ambientais e os seres vivos, e como esta interação influencia a saúde e o bem-estar destes organismos (Flohr *et al.* 2007).

Segundo Goldstein e Zagatto (1988), toxicidade é definida como sendo os resultados nocivos à saúde, provenientes do sistema composto por substâncias químicas e substâncias próprias do organismo, que se evidenciam sobre organismos vivos.

Comumente são utilizados no Brasil somente ensaios físico-químicos para a avaliação dos parâmetros exigidos em lei. Estes somente qualificam e quantificam teores de certas substâncias no meio, mas não avaliam o impacto que as mesmas podem vir a provocar na biota presente. Somente alguns estados no país possuem leis que exigem ensaios ecotoxicológicos.

Nos países desenvolvidos ensaios ecotoxicológicos são exigidos em lei, apoiados por normas e padrões, com diversos organismos. No Brasil, de forma geral, as metodologias empregadas correspondem às utilizadas internacionalmente pela comunidade científica, apesar de que em termos legais estar muito atrasado.

Tortura *et al.* (2002) descrevem que análises físico-químicas tradicionais para localizar possíveis substâncias nocivas no ambiente são caras e não distinguem entre as substâncias que afetam sistemas biológicos daquelas que encontram-se inertes no ambiente.

A quantificação e qualificação das mais variadas substâncias químicas presentes no meio somente com análises físico-químicas é limitada e não consegue abranger a dimensão do problema que essas substâncias causam aos sistemas vivos e ao meio ambiente em si dependendo de sua biodisponibilidade.

Testes de toxicidade consistem em expor organismos teste representativos no ambiente a várias concentrações de uma ou mais substâncias durante determinado período de tempo para determinação de seu potencial tóxico, sendo os efeitos detectados através de respostas nos organismos (CETESB, 1990).

Somente os sistemas biológicos podem detectar os efeitos tóxicos das substâncias. Através de testes de toxicidade laboratoriais, o potencial tóxico das substâncias químicas é colocado contra o sistema de autoproteção dos organismos-teste, que vão reagir de uma maneira geral a todos os efeitos das substâncias presentes no meio (Norma Din, 1991).

Detectar poluentes nocivos a vida no solo e na água é necessário para proteger o homem e o ecossistema em si. Entretanto, após sua detecção, processos de biorremediação ainda são necessários para remover os poluentes (Tortura, 2002).

Os ensaios de toxicidade podem ser realizados de forma aguda ou crônica. Os ensaios agudos podem ser definidos como aqueles que avaliam os efeitos, em geral severos e rápidos, sofridos pelos organismos expostos ao agente químico, em um curto período de tempo, geralmente de um a quatro dias. Devido à facilidade de execução, curta duração e baixo custo, os ensaios de toxicidade aguda foram os primeiros a serem desenvolvidos





e, portanto, constituem a base de dados ecotoxicológicos (BIRGE *et al.*, 1985 *apud* SILVEIRA, 2007). Os estudos de toxicidade crônica (subcrônica) são realizados num período que corresponde a toda ou uma parte do ciclo de vida do organismo. São conduzidos durante 1/10 do ciclo de vida do organismo enfocado, sendo observados os efeitos subletais e fisiológicos (sobre o crescimento e a reprodução) (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

O efeito agudo é definido como sendo uma resposta severa e com rapidez dos organismos aquáticos a um estímulo que pode se manifestar num período de até 96 horas, causando quase sempre a letalidade, sendo que pode ocorrer a alguns microcrustáceos a imobilidade (CETESB, 1990).

Os resultados de um efeito agudo, para microcrustáceos, causado por agentes tóxicos são dados através da concentração efetiva inicial mediana (CE (I)50), determinada por método estatístico, onde a concentração da poluente causa imobilidade a 50% dos organismos em um período de 24 a 96 horas de exposição. A unidade da CE (I)50 é em porcentagem quando se tratar de efluentes líquidos e águas, e em miligramas por litro para substâncias químicas. Também, o resultado do efeito tóxico pode ser expresso em fator de toxicidade (FT), o qual corresponde a menor diluição da amostra na qual não se observa imobilidade maior que 10% dos organismos–teste, sendo representado por um número inteiro. Por fim, a forma qualitativa também pode ser usada, sendo que, para amostras sem diluição o resultado deve ser expresso como tóxico ou não tóxico (ABNT, 2004). Tem como princípio, a exposição de organismos jovens de *Daphnia* a diferentes concentrações da substância teste, conforme condições estabelecidas (Tabela 5), sendo que quanto menor for o resultado do CE (I)50, maior é a toxicidade do meio.

Geralmente, os efeitos crônicos são subletais e observados no ambiente quando as concentrações do agente tóxico permitem a sobrevivência dos organismos, mas no entanto, causam distúrbios em suas funções biológicas, tais como na reprodução, desenvolvimento de ovos, crescimento e maturação (Goldstein, 1988). Esses efeitos são detectados e mensurados nos testes de toxicidade crônica, onde o seu resultado é dado pela concentração máxima do agente tóxico que não causa o efeito observado no teste (CENO), isto é, a maior concentração do poluente tóxico que não cause efeito deletério estatisticamente significativo, na sobrevivência e reprodução dos organismos-teste, durante um tempo de sete dias de exposição (CETESB, 1990).

Os efeitos crônicos podem surgir quando os organismos são submetidos, por um longo período, a baixas concentrações de poluentes tóxicos que se encontram em efluentes líquidos, sendo estes tratados ou não (Zagatto, 2006). Determina-se o NOEC, que é a maior concentração sem efeito tóxico sobre o organismo e o LOEC, que é a mais baixa concentração com efeitos adversos sobre os organismos. O custo desse tipo de teste é elevado pois envolve um número grande de renovações da solução-teste, além de contagens diárias, ou a cada dois ou três dias, do número de jovens produzidos.

Tabela 05 – Resumo das condições utilizadas nos testes de toxicidade aguda com *Daphnia*

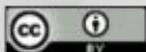
Método ou Norma	ABNT (2004)
Espécie	<i>D. similis</i> / <i>D. magna</i>
Condições	
Temperatura (°C)	20
Intensidade de luz (lux)	-
Fotoperíodo	Escuro ou 16 h de luz difusa
Recipiente	tubo / béquer
Volume de solução-teste (ml)	10
Idade dos organismos no início do teste (h)	6-24 horas (<i>D. similis</i>)
Nº. de réplicas / nº organismos por réplica	Mínimo de 2 / mínimo de 10
Alimentação	Não
Aeração	Não
Água de diluição	Natural ou reconstituída
Duração do teste (h)	48
Efeito observado	Imobilidade

Fonte: Adaptado de CETESB, 2007

Normalmente, estes efeitos são observados quando efluentes são despejados ao corpo hídrico sem passar por tratamento, causando letalidade a organismos pertencentes a diferentes níveis tróficos (Bassoi, Nieto & Tremaroli, 1990).

De acordo com a ABNT (2004), os testes em laboratório são realizados utilizando amostras, que através de diluições, apresentam várias concentrações de poluentes onde os organismos são submetidos.

O uso de testes de toxicidade como instrumento de avaliação de qualidade ambiental, tem apoio na Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) – Nº 375 de 2005, onde se expressa a necessidade de se investigar a presença de substâncias nos sedimentos e na biota aquática. O artigo 7º desta resolução pondera que os padrões de qualidade das águas estabelecem limites individuais para cada substância, sendo que eventuais



interações entre substâncias, especificadas ou não, não poderão conferir às águas características capazes de causar efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia da vida. O artigo 8º descreve que a qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, utilizando-se organismos e/ou comunidades aquáticas, e as possíveis interações entre as substâncias e a presença de contaminantes, passíveis de causar danos aos seres vivos, deverão ser investigadas utilizando-se ensaios ecotoxicológicos, toxicológicos, ou outros métodos cientificamente reconhecidos.

Segundo CETESB (2007), os organismos jovens de *Daphnia* são obtidos de culturas mantidas em condições laboratoriais bem definidas, devendo ser separadas por idade. Assim, 24 horas antes do início do teste, as adultas ovíferas são separadas das culturas, com auxílio de uma pipeta Pasteur de ponta arredondada, e colocadas em placas ou béquers, contendo quantidades de água e alimento adequadas. No dia seguinte, 18 horas após, as adultas são devolvidas às culturas de origem e as jovens presentes no béquer podem ser utilizadas em teste de toxicidade, apenas 6 horas depois, tendo elas de 6 a 24 horas de idade.

1.5.1 *Daphnia similis*

Segundo a ABNT, 12713 (2004), para que os testes de toxicidade forneçam resultados confiáveis, que traduzam realmente o estado do efluente, é necessário que o cultivo e a manutenção de organismos-teste sejam feitos de maneira adequada.

De acordo com o IAP (1997) *apud* Rodrigues (2005), a localização dentro da estrutura e funcionamento das biocenoses, a distribuição da espécie, o conhecimento da biologia, hábitos nutricionais e fisiologia, a estabilidade genética e uniformidade das populações, a manutenção e cultivo em laboratório, a disponibilidade ao longo do ano, a sensibilidade constante e o tipo de teste, são alguns critérios para a seleção de organismos.

Goldstein e Zagatto (1991) *apud* Rodrigues (2005), acrescentam que dentre os organismos recomendados, as *Daphnia magna* tem sido amplamente utilizada nos testes de toxicidade, por serem de fácil manutenção em laboratórios e sensíveis a diferentes grupos de agentes químicos. A CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental utiliza como microcrustáceo a *Daphnia similis* em testes de toxicidade (GOLDSTEIN, 1988 *apud* RODRIGUES, 2005).

Usualmente, o teste inicial a ser aplicado é com *Daphnia similis* ou *Daphnia magna*, sendo este um organismo que apresenta grande sensibilidade a uma elevada diversidade de poluentes, este teste pode ser efetuado com rapidez e avalia a toxicidade aguda (Rodrigues, 2005).

O gênero *Daphnia* (Figura 2) tem tido sua biologia amplamente estudada e diferentes espécies, tais como *D. pulex*, *D. pulicaria*, *D. magna*, *D. similis* vêm sendo cultivadas em laboratório e utilizadas em ensaios toxicológicos. Atualmente, *D. magna* é um dos organismos zooplancctônicos mais utilizados em testes toxicológicos em vários países, com o objetivo de avaliar a toxicidade aguda de substâncias puras ou de descargas industriais de natureza complexa (Beatrici, 2001). No Brasil, *D. similis* vem sendo amplamente cultivada em laboratório e utilizada para testes de avaliação da toxicidade aguda embasando-se em normas padronizadas como a NBR 12713 (ABNT, 1993).

A *Daphnia*, conhecida também como “pulga d’água”, é um microcrustáceo facilmente encontrado em lagos, represas e lagoas de águas continentais, medindo cerca de 0,5 a 5,0 mm de comprimento, é um organismo filtrador, alimentando-se de algas, bactérias, protozoários e detritos orgânicos presentes na água. O corpo, exceto a cabeça e as antenas, é protegido por uma carapaça transparente, aparentemente bivalve, porém constituída por uma única peça dobrada, com uma abertura ventral (Pennak, 1989).

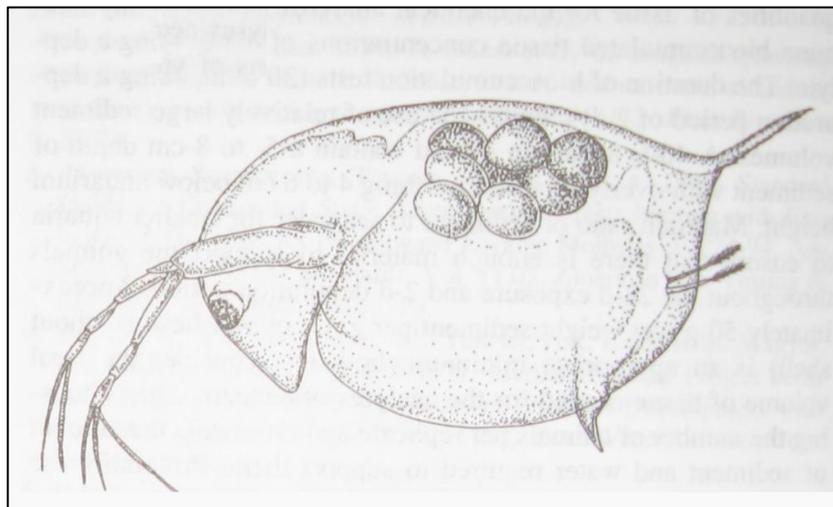


Figura 02 – Anatomia de uma *Daphnia*

Fonte: APHA (1995)

Segundo CETESB (1987) *apud* Nieto (2000), e as amostras submetidas aos testes de toxicidade podem ser classificadas de acordo com a Tabela 06.

Tabela 06 – Escala de Toxicidade CE (I) 50 referente ao bioindicador *Daphnia similis*

Valores de CE (I) 50	Classe das Amostras
< 25 %	Muito Tóxica
25 % - 50 %	Moderadamente Tóxica
51 % - 75 %	Tóxica
> 75 %	Levemente Tóxica
Não tóxica	Não Tóxica

Fonte: CETESB (1987) *apud* Nieto (2000)

1.5 Óleos e Gorduras

Óleos e gorduras utilizados na alimentação humana são substâncias de origem vegetal, animal ou microbiana, insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. A primeira distinção entre um óleo e uma gordura é baseada na sua aparência física. De um modo geral, os óleos são definidos como substâncias líquidas à temperatura ambiente, enquanto que as gorduras caracterizam-se como substâncias sólidas. As gorduras de origem vegetal, resultam de processos de hidrogenação de óleos vegetais.

De acordo com NBR 14063 (1998), tem-se as seguintes definições,

A) óleos e graxas: Grupos de substâncias, de origem mineral, que incluem gorduras, graxas, ácidos, graxas livres, óleos minerais e outros materiais graxos, determinados em ensaios padronizados.

B) óleo dissolvido: Gotículas de óleo verdadeiramente dissolvidas na água do ponto de vista químico, mais as gotículas dispersas de óleo (geralmente menores que 5 µm), de tal modo que a remoção pelos processos físicos normais (tais como filtração, coalescência, repouso gravimétrico) é impossível.

C) óleo livre: Óleo com tamanho de gotículas na faixa de 10 µm a 2.000 µm, que ascende rapidamente à superfície da água, passado um pequeno tempo de repouso.

D) óleo emulsionado: Mistura de óleo e água, com tamanho de gotículas menor ou igual a 10 µm, cuja separação não se faz facilmente e é ajudada por processos químicos e filtros de coalescência.

Os óleos vegetais são larga e universalmente consumidos para a preparação de alimentos nos domicílios, estabelecimentos industriais e comerciais de produção de alimentos. A importância da utilização de óleos no preparo de alimentos é, hoje, indiscutível. A fritura é uma operação de preparação rápida, conferindo aos alimentos fritos, características únicas de saciedade, aroma, sabor e palatabilidade (Reis, 2007).

Segundo Reis (2007), as gorduras e óleos são formados por misturas de triglicerídeos. Os diferentes ácidos graxos formadores dos triglicerídeos conferem diferentes características às gorduras e óleos. A Figura 3 apresenta a estrutura genérica de uma gordura [usualmente fala-se em óleos vegetais (cadeias insaturadas) e gorduras animais (cadeias saturadas), onde os átomos de carbono representados à esquerda representam cadeias carbônicas saturadas ou insaturadas. Tais cadeias são representadas genericamente na Figura 4, ressaltando-se as insaturações das cadeias de triglicerídeos de origem vegetal.

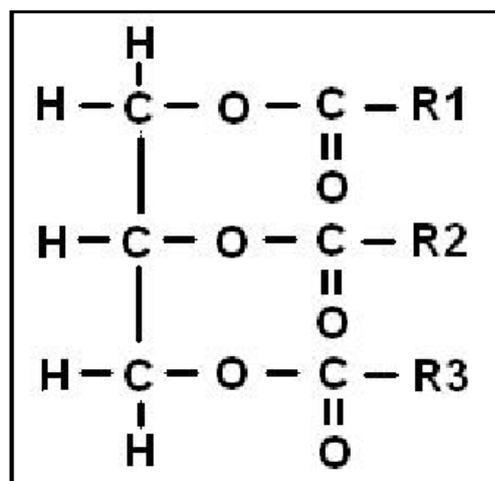


Figura 03 – Estrutura genérica das gorduras
Fonte: Fleck *et al.* (2005) e Reis (2007; 2020)

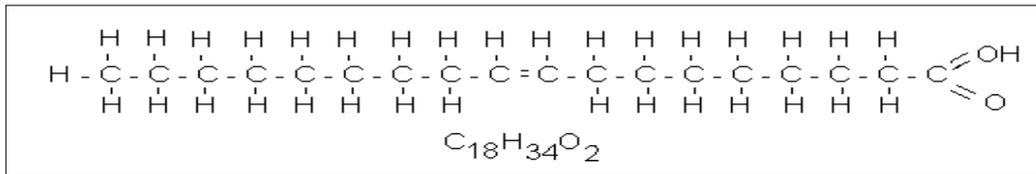


Figura 07 – Estrutura molecular do ácido oleico

- Grupo do ácido linoleico (Figura 08) – inclui óleos com índice de iodo geralmente superior a 110 sendo considerados insaturados (exemplos: girassol, soja e algodão)

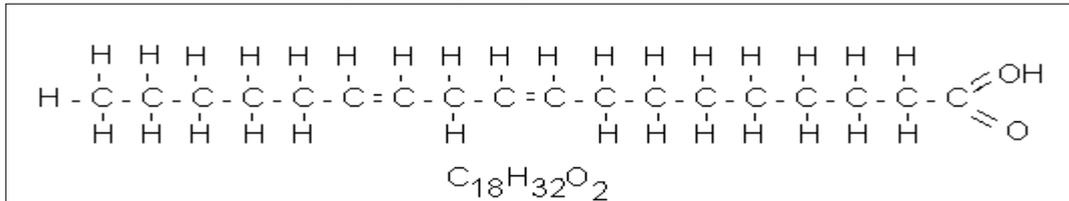


Figura 08 – Estrutura molecular do ácido linoleico

Os óleos que possuam um teor elevado de ácido linoleico ou linolénico tendem a ser sicativos, isto é, pouco resistentes à oxidação. Por outro lado, o índice de cetano é geralmente fraco. São pois mais facilmente degradados desaparecendo do meio ambiente em períodos de tempo mais curtos (NETRESIDUOS, 2007).

Os óleos saturados do tipo esteárico ou palmítico, são pouco fluidos (grande viscosidade) mas são resistentes à oxidação. Encontram-se normalmente no estado sólido à temperatura ambiente. Têm um índice de cetano, regra geral excelente. A sua grande viscosidade ou solidez aliados à resistência à oxidação fazem com que perdem no meio ambiente e sejam de difícil remoção e limpeza, tendo de ser aquecidos até ao seu ponto de fusão para remoção ou posterior valorização (NETRESIDUOS, 2007).

As gorduras animais e banhas são também utilizadas com elementos de mistura em óleos de menor qualidade, originando cheiros desagradáveis e alterando as composições dos óleos (NETRESIDUOS, 2007).

Segundo Reis (2007), os óleos e gorduras utilizados repetidamente em frituras por imersão sofrem degradação por reações hidrolíticas quanto oxidativas (rancificação). A oxidação é acelerada pela alta temperatura do processo e é a principal responsável pela modificação das características físico-químicas e organolépticas dos óleos. O óleo se torna escuro, viscoso, tem sua acidez aumentada e desenvolve odor desagradável, comumente chamado de *ranço*. Embora possível, a recuperação destes óleos, para fins alimentícios, com materiais absorventes não é considerada viável sob o ponto de vista econômico.

Após exauridos, os óleos não mais se prestam para novas frituras, em função de conferirem sabor e odor desagradáveis aos alimentos, bem como adquirirem características químicas comprovadamente nocivas à saúde. Não havendo utilização prática para os residuais domésticos e comerciais, em geral são lançados na rede de esgotos (Reis, 2007).

Estudos com óleos aquecidos por longos períodos, sob temperaturas extremamente elevadas, demonstraram que os produtos residuários contêm mais de 50% de compostos polares, que são os produtos de degradação dos triglicerídeos (polímeros, dímeros, ácidos graxos livres, diglicerídeos e ácidos graxos oxidados). Óleos com altos teores de compostos polares provocaram severas irritações do trato gastrointestinal, diarreia, redução no crescimento e, em alguns casos, morte de animais em laboratório (Reis, 2007).

1.6 Impactos do óleo residual de fritura em Recursos Hídricos

A ocorrência de óleo e graxa, como definido pelo APHA (1995), nos sistemas de abastecimento público de água podem causar sabor, odor, além de ocasionar o aparecimento de outros problemas. Mesmo pequenas quantidades de óleo de graxa podem produzir odor objetável e causar rejeição no abastecimento de água, antes mesmo de aparecerem problemas de origem sanitária (CETESB, 1977). Muitos óleos não derivados do petróleo têm propriedades físicas semelhantes aos baseados em petróleo, por exemplo: sua solubilidade na água é limitada, criam manchas na superfície da água, e ambos formam emulsões e lamas. Além disso, óleos não derivados do petróleo tendem a ser persistentes, permanecendo no ambiente por longos períodos de tempo (EPA, 2008).

A Agência de Proteção do Meio Ambiente dos Estados Unidos, baseando-se em considerações estéticas que afetam a preferência do uso e, devido ao fato do óleo e graxa não serem elementos naturais da água, recomenda que os mananciais de abastecimento público estejam isentos desse parâmetro (EPA, 1972).

A degradação de óleos e gorduras é resultado, principalmente, de reações hidrolíticas e oxidativas que ocorrem durante o processamento de alimentos. Especialmente, o processo de fritura favorece estes tipos de



reação (Bobbio & Bobbio, 1992; Wust, 2004). De acordo com Lago *et al.* (1997) e Wust (2004), o processo de fritura expõe os óleos e gorduras a três agentes capazes de provocar alterações em suas composições químicas:

a) água, proveniente do próprio alimento, responsável por alterações hidrolíticas e das quais resultam os ácidos graxos livres, monoglicerídeos, diglicerídeos e glicerol;

b) oxigênio que entra em contato com o óleo ou gordura a partir de sua superfície e provoca alterações oxidativas. A oxidação envolve reações químicas complexas e é responsável pela formação de produtos organolepticamente inaceitáveis, odores e sabores estranhos;

c) temperatura responsável pelas alterações térmicas. A exposição de óleos e gorduras a temperaturas elevadas pode levar à formação de polímeros, que são constituídos por duas ou mais moléculas de ácidos graxos e são responsáveis pelo aumento da viscosidade do óleo ou gordura.

As principais formas de deterioração lipídica durante o processo de fritura incluem hidrólise, oxidação e polimerização. A hidrólise envolve inicialmente a quebra de ligações do éster no glicerídeo com formação de ácidos graxos livres, monoglicerídeos, diglicerídeos e glicerol. Essa reação é favorecida com a presença de água em altas temperaturas, podendo resultar em produtos com alta volatilidade e alta reatividade química (Rojo & Perkins, 1987; Moretto & Fett, 1999; Zambiasi, 2005; Vergara, *et al* 2006].

No Brasil, é comum o emprego de óleo de soja (em termos nacionais) e óleo de arroz (principalmente no sul do país) para processos de frituras de alimentos em estabelecimentos comerciais. O óleo de soja contém cerca de 15% de ácidos graxos saturados, 22% de ácido oléico, 54% de ácido linoléico e 7,5% de ácido linolênico. O óleo de arroz contém cerca de 19% de ácidos graxos saturados, 42% de ácido oléico, 36% de ácido linoleico e 1,8% de ácido linolênico (Vergara *et al* 2006). O consumo de alimentos fritos e pré-fritos congelados, como batata e empanados, induz maior ingestão de óleos e gorduras através dos processos de fritura (Dobarganes & Pérez-Camino, 1991). Parte do óleo utilizado como meio de transferência de calor é absorvida pelo alimento, que pode variar de 5 a 40%, tornando-se um ingrediente do produto. Tal fato evidencia a necessidade de se utilizar meio de fritura de alta qualidade, a qual deve ser mantida por períodos prolongados (Cella, Regitano-D'arce & Spoto, 2002).

Durante o processo de fritura, o alimento entra em contato com óleo em temperaturas entre 180–190°C que provocam uma série complexa de reações e a produção de numerosos compostos de degradação. Tais reações alteram a qualidade funcional, sensorial e nutricional dos alimentos, podendo atingir níveis em que não se consegue mais manter sua qualidade [Ans, Mattos & Jorge, 1999; Araujo, 1999] e quando lançados no meio ambiente são altamente poluentes.

Muitos estabelecimentos comerciais (restaurantes, bares, lanchonetes, pastelarias, hotéis) e residências jogam o óleo comestível (de cozinha) usado na rede de esgoto. O óleo mais leve que a água fica na superfície criando uma barreira que dificulta a entrada de luz e a oxigenação da água comprometendo assim, a base da cadeia alimentar aquática, os fitoplânctons. Além de gerar graves problemas de higiene e mau cheiro, a presença de óleos e gorduras na rede de esgoto causa o entupimento da mesma, bem como o mau funcionamento das estações de tratamento. Para retirar o óleo e desentupir são empregados produtos químicos altamente tóxicos, o que acaba criando uma cadeia perniciosa (Tiritan *et al* 2007).

Segundo Reis (2007), os despejos de óleos de fritura nos esgotos pluviais e sanitários provocam impactos ambientais significativos. Os óleos emulsificam-se com a matéria orgânica, ocasionando entupimentos em caixas de gordura e tubulações e quando lançados diretamente em bocas-de-lobo ocasionam obstruções, em função de emulsificarem-se formando “pastas”, inclusive retendo resíduos sólidos. Em alguns casos, a desobstrução de tubulações necessita a alocação de produtos químicos tóxicos. Em grande parte dos municípios brasileiros há ligação da rede de esgotos cloacais à rede pluvial e a arroios. Nesses corpos hídricos, em função de imiscibilidade do óleo com a água e sua inferior densidade, há tendência à formação de filmes oleosos na superfície, o que dificulta a troca de gases da água com a atmosfera, ocasionando depleção das concentrações de oxigênio e anaerobiose, resultando em morte de peixes e outras criaturas aeróbias. Na rede de esgotos os entupimentos podem ocasionar pressões que conduzem à infiltração do esgoto no solo, poluindo o lençol freático ou ocasionando refluxo à superfície. Os esgotos ingressos aos sistemas municipais de tratamento de esgotos dificultam o tratamento, podendo encarecê-lo em até 45%.

No ambiente, em condições anaeróbias, pode haver metanização dos óleos, contribuindo para o efeito estufa e quando não houver tratamento de esgotos prévio ao lançamento ao corpo receptor, elevam-se as concentrações de óleos totais no mesmo, depreciando sua qualidade para vários fins, podendo verificar-se modificação pontual de pH e diminuição da taxa de trocas gasosas da água com a atmosfera. A temperatura do óleo sob o sol pode chegar a 60°C, matando animais e vegetais microscópicos.

Os óleos alimentares usados lançados na rede hídrica e nos solos provocam a poluição dos mesmos. Se o produto for para a rede de esgoto, encarece o tratamento dos resíduos, e o que permanece nos rios provoca a impermeabilização dos leitos e terrenos adjacentes que contribuem para a enchente. Conforme NBR 14063 (1998) óleos e graxas lançados no meio ambiente podem apresentar odor questionável e aparência indesejável, o perigo em potencial de se queimar na superfície dos efluentes e com isto causar acidentes, além de consumir o oxigênio





necessário a muitas formas de vida na água, caso o efluente seja lançado em cursos d'água. Óleos e graxas, normalmente, contêm compostos metálicos solúveis e insolúveis.

Segundo IPA (2004) *apud* Congresso (2008), o despejo de águas residuais contendo óleos alimentares usados nas linhas de água, tem como consequência a diminuição da concentração de oxigênio presente nas águas superficiais, devendo-se tal situação principalmente ao fato deste tipo de águas residuais conterem substâncias consumidoras de oxigênio (matéria orgânica biodegradável), que ao serem descarregadas nos cursos de água, além de contribuírem para um aumento considerável da carga orgânica, conduzem a curto prazo a uma degradação da qualidade do meio receptor. Além disso, a presença de óleos e gorduras nos efluentes de águas residuais provoca um ambiente desagradável com graves problemas ambientais de higiene e maus cheiros, provocando igualmente impactos negativos ao nível da fauna e flora envolventes.

Outra consequência da descarga para as redes públicas de esgoto e coletores municipais resulta no seu encaminhamento para as Estações de Tratamento (quando existe esta solução, caso ainda não evidente para a totalidade do território nacional), contribuindo significativamente para o aumento dos níveis DBO, DQO e sólidos suspensos totais nas águas residuais a tratar, dificultando o desempenho e funcionamento eficiente das Estações de Tratamento, pelo fato do aumento da concentração destes parâmetros conduzirem a um considerável consumo de energia no desempenho das mesmas, além de implicarem manutenções e limpezas mais frequentes nos equipamentos de separação de óleos e gorduras associadas a gastos consideráveis de tempo neste tipo de operações (IPA, 2004).

1.7 Coleta e reaproveitamento de óleo residual de fritura

Os óleos residuais de frituras representam grande potencial de oferta. Um levantamento primário da oferta de óleos residuais de frituras, suscetíveis de serem coletados, revela um potencial de oferta no Brasil superior a 30 mil toneladas por ano. Algumas possíveis fontes dos óleos e gorduras residuais são: lanchonetes e cozinhas industriais, indústrias onde ocorre a fritura de produtos alimentícios, os esgotos municipais onde a nata sobrenadante é rica em matéria graxa, águas residuais de processos de indústrias alimentícias (Pasqualetto, 2008).

A reciclagem é uma forma muito atrativa de gerenciamento de resíduos, pois transforma o lixo em insumos com diversas vantagens ambientais. Pode contribuir para a economia dos recursos naturais, assim como para o bem-estar da comunidade (Tiritan, *et al.*, 2007). A reciclagem de óleos vegetais industriais vem ganhando espaço cada vez maior, não simplesmente porque os resíduos representam matérias primas de baixo custo, mas principalmente porque os efeitos da degradação ambiental decorrente de atividades industriais e urbanas estão atingindo níveis cada vez mais alarmantes. (Figueiredo, 1995). Nos últimos anos, a preocupação com o aquecimento global do planeta e a decorrente necessidade de diminuir os níveis de CO₂ na atmosfera, tornou-se mais uma motivação importante para as pesquisas sobre combustíveis alternativos (Miranda, 2007).

No Brasil, parte do óleo vegetal residual oriundo do consumo humano é destinado a fabricação de sabões e, em menor volume, à produção de biodiesel. Entretanto, a maior parte deste resíduo é descartada na rede de esgotos, sendo considerado um crime ambiental inadmissível. A pequena solubilidade dos óleos vegetais na água constitui como um fator negativo no que se refere à sua degradação em unidades de tratamento de despejos por processos biológicos e, quando presentes em mananciais utilizados para abastecimento público, causam problemas no tratamento da água (Pasqualetto, *et al* 2008).

Assim, o reaproveitamento de resíduos gerados na indústria alimentícia para produção de biodiesel em função do crescimento da população consumidora, é uma possibilidade de incremento da produção e da conscientização sobre a importância da preservação ambiental, tendo em vista a grande necessidade de buscar alternativas energéticas limpas como forma de contribuir para um desenvolvimento sustentável menos poluente (Neto, 1999).

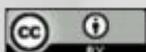
A implantação deste combustível na matriz energética brasileira resultará em um impacto ambiental positivo porque, além de dar um destino adequado aos óleos residuais, sua utilização na frota de veículos reduzirá drasticamente a emissão de gases poluentes, como o dióxido de carbono, responsável pelo efeito estufa, além de eliminar completamente o enxofre, um dos principais vilões da chuva ácida (Pasqualetto *et al* 2008).

Cerca de 80% do aproveitamento do óleo usado na conversão para biodiesel, ou seja, 1 litro de óleo pode resultar em, aproximadamente, 800 mL de biodiesel. O processo também gera o glicerol, uma substância empregada nas indústrias e com usos farmacêuticos, alimentícios, perfumaria, plástico e muitos outros (Silva *et al.*, 2005).

A Tabela 7 mostra as propriedades complementares atribuídas ao biodiesel comparado ao óleo diesel convencional.

Tabela 07 – Propriedades complementares atribuídas ao biodiesel em comparação ao óleo diesel comercial

Características	Propriedades complementares
Características químicas apropriadas	Livre de enxofre e compostos aromáticos, alto número de cetanos, ponto de combustão apropriado, excelente lubricidade, não tóxico e biodegradável.





Ambientalmente benéfico	Nível de toxicidade compatível ao sal, com diluição tão rápida quanto a do açúcar (<i>Departamento de Agricultura dos Estados Unidos</i>).
Menos poluente	Reduz sensivelmente as emissões de (a) partículas de carbono (fumaça), (b) monóxido de carbono, (c) óxidos sulfúricos e (d) hidrocarbonetos poli cíclicos aromáticos
Economicamente competitivo	Complementa todas as novas tecnologias do diesel com desempenho similar e instalação de uma infraestrutura.
Reduz aquecimento global	O gás carbônico liberado é absorvido pelas oleaginosas durante o crescimento, o que equilibra o balanço negativo gerado pela emissão na atmosfera.
Economicamente atraente	Permite a valorização de subprodutos de atividades agroindustriais, aumento na arrecadação regional de ICMS.
Regionalização	Pequenas e médias plantas para produção de biodiesel, podem ser implantadas em diferentes regiões do país.

Fonte: Costa *et al.*, 2007 e Pasqualetto *et al* 2008.

2.2 ODS 6 – Água e Saneamento

O ODS 6 – Água e saneamento tem importância fundamental no Brasil, seja como fator de indução de ações e políticas de acesso à água e ao esgotamento sanitário, seja como orientador da promoção da saúde e qualidade de vida. Este objetivo reforça a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007 (Plano Nacional de Saneamento Básico), tem ampla sintonia com a Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981 (Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA), e com a Lei no 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH). Do ponto de vista teórico e conceitual, o conjunto das metas do ODS 6 reforça os princípios, os fundamentos e as diretrizes dessas leis nacionais. Elementos fundamentais, como a participação social, a gestão compartilhada e integrada da água, o desenvolvimento regional e o meio ambiente, assim como o fortalecimento institucional, o uso eficiente da água e a responsabilidade do Estado no provimento do saneamento são reforçados com o advento da Agenda 2030.

No que diz respeito à prática na gestão e governança da água, o Brasil convive com dificuldades para garantir os usos sustentáveis em suas diversas regiões geográficas, mesmo contando com um conjunto de leis e políticas públicas consideradas avançadas no plano internacional (OCDE, 2015). Apesar de estar entre os quatro países com as maiores concentrações de água doce no mundo, o Brasil sofre com desequilíbrios regionais entre disponibilidade e consumo da água. Diferentes estágios de implementação dos instrumentos de gestão previstos na PNRH e nas políticas de desenvolvimento urbano e regional agravam a situação, muitas vezes por falta de cumprimento da legislação.

O óleo de cozinha gerado pelas residências, comércio e indústrias pode trazer inúmeros prejuízos para o ambiente se não descartado da maneira correta. De acordo com o Programa de Gestão Ambiental (PGA), a quantidade de um litro que vai para o corpo hídrico é capaz de contaminar cerca de 18.400 (dezoito mil e quatrocentos) litros de água, equivalente ao consumo de uma pessoa em 14 anos, além de aumentar em 45% os custos no tratamento das redes de esgoto (LIMA *et al.*, 2014). Quando depositado nas redes de esgoto, por ser menos denso que a água, o óleo de cozinha forma uma película sobre ela, o que provoca a retenção de sólidos, entupimentos e problemas de drenagem. Nos arroios e rios, a película formada pelo óleo de cozinha dificulta a troca de gases entre a água e a atmosfera, causando a morte de peixes e outros seres vivos que necessitam de oxigênio (FILHO, 2014). Muitas pessoas, agindo por falta de orientação ou má fé, descartam o óleo de cozinha diretamente na pia, o que também pode prejudicar o meio ambiente.

De acordo com Lopes e Baldin (2009), se o produto for para as redes de esgoto encarece o tratamento dos resíduos em até 45% e o que permanece nos rios provoca a impermeabilização dos leitos e terrenos, o que contribui para que ocorram as enchentes. Além disso, a decomposição anaeróbia do óleo, assim como de todo material orgânico, emite metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) e dióxido de nitrogênio na atmosfera, gerando gases de efeito estufa que contribuem para o superaquecimento terrestre (Ribeiro, Maia & Wartha, 2010). A comunidade científica internacional afirma haver uma relação direta entre o aumento da concentração de gases causadores do efeito estufa (GEE) e o aumento médio da temperatura da Terra. A predominância dos combustíveis de origem fóssil na matriz de transportes brasileira é ainda significativa, apesar de o Brasil ser uma referência mundial na implementação de programas de biocombustíveis (Mendes, 2015).

A transformação do óleo pós-fritura em biodiesel e integrando o mesmo à matriz energética brasileira contribui não só para dotar o país de uma nova tecnologia no setor energético, ajudando a reduzir as importações de óleo diesel, como também pode proporcionar o desenvolvimento de pequenas comunidades no interior, que passarão a contar com uma maior renda familiar, resultante do cultivo de oleaginosas capazes de produzir o biodiesel (BNDES, 2004).

As diversas possibilidades de reaproveitamento do resíduo estão relacionadas à Sustentabilidade, pois abrangem o fator econômico, o fator social e o fator ambiental. Quando em contato com o meio ambiente,



impermeabiliza solos propiciando enchentes e deslizamentos e, em contato com a água, além da poluição, o óleo fica na superfície impossibilitando a respiração dos seres desta fauna (Mascarenhas & Silva, 2013).

Nos últimos anos, têm surgido diversas iniciativas para reaproveitar o óleo pós-fritura, desenvolvidas tanto por órgãos públicos quanto privados. Cita-se, como exemplo, o McDonald's, que transforma o óleo de cozinha em biodiesel, utilizando-o em caminhões de entrega às lojas da empresa (Caetano, 2010). Há, ainda, outros casos de reaproveitamento de óleo de cozinha, por meio de iniciativas do poder público em parceria com ONGs e outras entidades. Nos municípios de Ribeirão Preto, Salvador, Florianópolis, Rio de Janeiro, Porto Alegre e Curitiba, esse produto é recolhido para ser transformado em resina de tintas, sabão, ração animal e biodiesel (Zucatto, Welle & Silva, 2013).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Teste de toxicidade

Para a realização dos testes de toxicidade aguda com o microcrustáceo *Daphnia similis*, foi adotada metodologia prevista na Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12713/2004: Ecotoxicologia aquática – toxicidade aguda – método de ensaio com *Daphnia ssp*. Este método consiste na exposição de indivíduos jovens de *D. similis* a várias concentrações do agente tóxico, no caso óleo residual de fritura solubilizado em água, por um período de 48 horas, nas condições padrões que são: temperatura 20 ± 2 °C, pH 7,0 a 8,0, oxigênio dissolvido $> 3,0$ mg/L e condutividade 72 a 112 μ S/cm. As condições do teste são baseadas no método de ensaio estabelecido pela norma técnica L5.018 da CETESB (2005). O teste foi realizado em duas etapas: - teste preliminar, para estabelecer o intervalo de concentrações a ser utilizado no teste definitivo; - teste definitivo, para determinar com exatidão a CE(I)50. As *Daphnias similis* foram adquiridas junto ao Laboratório de Ecotoxicologia da UNIVILLE – Joinville, utilizando organismos com idade entre 6-24 horas.

3.1.1 Coleta do Resíduo para Estudo

Para o presente estudo foi coletado o resíduo de um estabelecimento gastronômico que pratica a destinação correta do mesmo. Para a coleta foi utilizada embalagem PET de 2 litros., sendo essa segurada pela base e mergulhada rapidamente em um recipiente de armazenamento de 60 litros (Bombona) com a boca para baixo, cerca de 20 cm abaixo da superfície. A embalagem foi lentamente inclinada para cima a fim de permitir a saída de ar e seu enchimento, sendo totalmente preenchida com a amostra, de maneira a evitar a presença de ar.

O ensaio foi realizado o mais rápido possível, não excedendo o período de doze horas contadas a partir do início da coleta, desde que a amostra permaneça refrigerada e ao abrigo de luz. Na impossibilidade de ser obedecido este intervalo de tempo, a amostra foi mantida de 0 a 10 °C, a partir do momento da coleta, durante um período de, no máximo, 48 horas.

Caso não seja possível iniciar o ensaio em 48 horas, a amostra deve ser mantida sob congelamento (temperatura inferior a -18°C) durante, no máximo 60 dias. No momento da análise, a amostra deve ser descongelada completamente, à temperatura ambiente, sem que ultrapasse 30° C. Após o descongelamento, a amostra deve ser analisada em até 12 horas, não podendo ser novamente congelada.

2.1.2 Preparo do Eluato

A solução solubilizada com óleo residual de fritura chamada de eluato, foi preparada através de modificação da norma NBR 10.006 da ABNT (2004), que trata da solubilização de resíduos (Tavares & Antoniosi Filho, 2007). O eluato foi preparado a partir da mistura de 0,65 mL da amostra de óleo residual de fritura em 900 mL de água deionizada e agitado mecanicamente numa rotação de 50 rpm por um período de 12 horas consecutivas. Após esse período, a mistura foi deixada em repouso durante 72 horas para separar as fases orgânica e aquosa (Figura 09). A fase aquosa foi utilizada como eluato.



Figura 09 – Preparo do Eluato.

2.1.3 Preparo da Amostra

Todas as etapas do teste ocorreram em ambiente isento de vapores ou poeiras tóxicas e à temperatura ambiente (entre 13 e 28 °C). Quando a amostra (eluato) apresentou uma concentração de oxigênio dissolvido inferior a 3,0 mg/L, insuflou-se ar comprimido na mesma (com intensidade moderada, através de uma pipeta Pasteur), por 5 a 10 minutos, até que se atingiu o teor de oxigênio mencionado.

2.1.4 Soluções-Estoque

Soluções-estoque são as soluções do agente tóxico, em diferentes concentrações, a partir das quais são preparadas as soluções teste. As soluções-estoque foram preparadas momentos antes da realização do teste, adicionando em balões volumétricos, com auxílio de pipetas volumétricas, a amostra do eluato em água de diluição, obtendo no teste preliminar concentrações de 100%, 25%, 6,25%, 1,5625%, 0,39% e 0,097% (Figura 10). Os balões volumétricos foram devidamente identificados quanto a suas concentrações e os dados de preparação anotados na ficha de registro (Anexo II).



Figura 10 – Preparo da solução estoque

2.1.5 Soluções-Teste

Em tubos de ensaio graduados para 10 mL, devidamente identificados com as citadas diluições e em quadruplicata, foram adicionados através de pipeta automática 8 mL de cada solução-estoque. Também foi preparada uma série de quatro tubos contendo apenas água de diluição, que correspondeu ao controle. Com o auxílio de uma pipeta Pasteur foram adicionados em cada tubo (inclusive nos controles) 2 mL de água de diluição com cinco organismos, completando assim o volume necessário de 10 mL.

Os tubos já preparados foram colocados em estantes, na incubadora de testes, durante o período de 48 horas à temperatura de 20 ± 2 °C, na ausência de luz e alimentação. Ao término de 48 horas, realizou-se a leitura dos organismos imóveis em cada tubo (aqueles que não são capazes de nadar num intervalo de 15 segundos, após uma agitação suave no tubo).

2.2 Definição dos pontos de amostragem

As coletas foram realizadas em três pontos distintos do corpo hídrico em estudo (Rio Comprido), sendo o primeiro ponto na saída da galeria por onde o mesmo tem um percurso de aproximadamente 700 m, o segundo ponto na metade de seu curso e o terceiro na foz do rio.

Os horários de coleta foram sempre às 13:00 e 20:00 horas, pelo motivo de que neste horário ocorre maior lançamento de óleo residual de fritura após o preparo das refeições no almoço e jantar. Os pontos foram rotulados com as seguintes legendas 01/01, 02/01, 03/01 para coletas realizadas as 13:00 horas e 01/02, 02/02, 03/02 para coletas realizadas as 20:00 horas. Foram registradas as coordenadas geográficas (Tabela 08) de cada ponto de coleta (Figura 11), com o aparelho GPS da marca Etrex-GAMIN e utilizou-se o programa Arcview para gerar as imagens dos mapas temáticos no Centro de Cartografia Digital e Sistemas de Informações Geográficas do Departamento de Geografia da UNIVILLE.

Tabela 08 – Coordenadas geográficas dos pontos de coleta

PONTOS DE COLETA	CORDENADAS GEOGRÁFICAS
Ponto 01. Rua: Ponte Serrada	S 26°16,332' - W 048°48,498'
Ponto 02. Rua José Fernandes	S 26°16,662' - W 048°48,373'
Ponto 03. Rua professora Ivete Rocha da Silva Mano	S 26°16,569' - W 048°47,969'



Figura 11 – Pontos de coleta – 01, 02 e 03.

Inicialmente, foi elaborado um cronograma de coletas, porém o mesmo não pode ser seguido devido à ausência do aparelho solicitado Multiparâmetro YSI 556 MPS e também ao mau tempo. As datas de coleta das amostras foram realizadas nos dias 0/10/21, 23/10/21, 02/11/22 e 02/12/22.

Os pontos de coleta, áreas e localidades foram determinados conforme norma NBR 9897/1 987 que diz respeito ao Planejamento de Amostragem de Efluentes Líquidos e corpos receptores.

Por se tratar de um corpo hídrico em área urbana desprovida de tratamento de esgoto doméstico, o mesmo é eliminado diretamente no corpo hídrico. Alguns destes despejos são visíveis, proporcionando a obtenção de dados de localização através de coordenadas geográficas (Figura 12), sendo possível também a obtenção de dados como:

- o Comércios: Foi registrado comércio (lanchonete) que possui tubulação direta no corpo hídrico;
- o Lixo: Foi registrado nas margens do corpo hídrico vestígios de queimadas, lixo e entulho, como consta nas Figuras 13 e 14;
- o Pier: O rio Comprido é utilizado como saída de pequenas embarcações para a Baía da Babitonga por pescadores, que o utilizam de pier para atracar as embarcações e embarque e desembarque de tripulantes;
- o Residências: Foram registradas as residências com tubulações diretas no corpo hídrico;
- o Tubulações: Estas foram registradas da mesma forma como as residências (observando que cada tubulação é responsável pelo despejo de no mínimo 3 quadras ou seja, mais de 50 residências esgotando em cada tubulação como pode ser observado na Figura 12. Cada marcação de tubulação corresponde a duas tubulações, ou seja, uma de cada lado das margens do corpo hídrico;

Todos os dados de coordenadas geográficas obtidos estão listados no Anexo III.

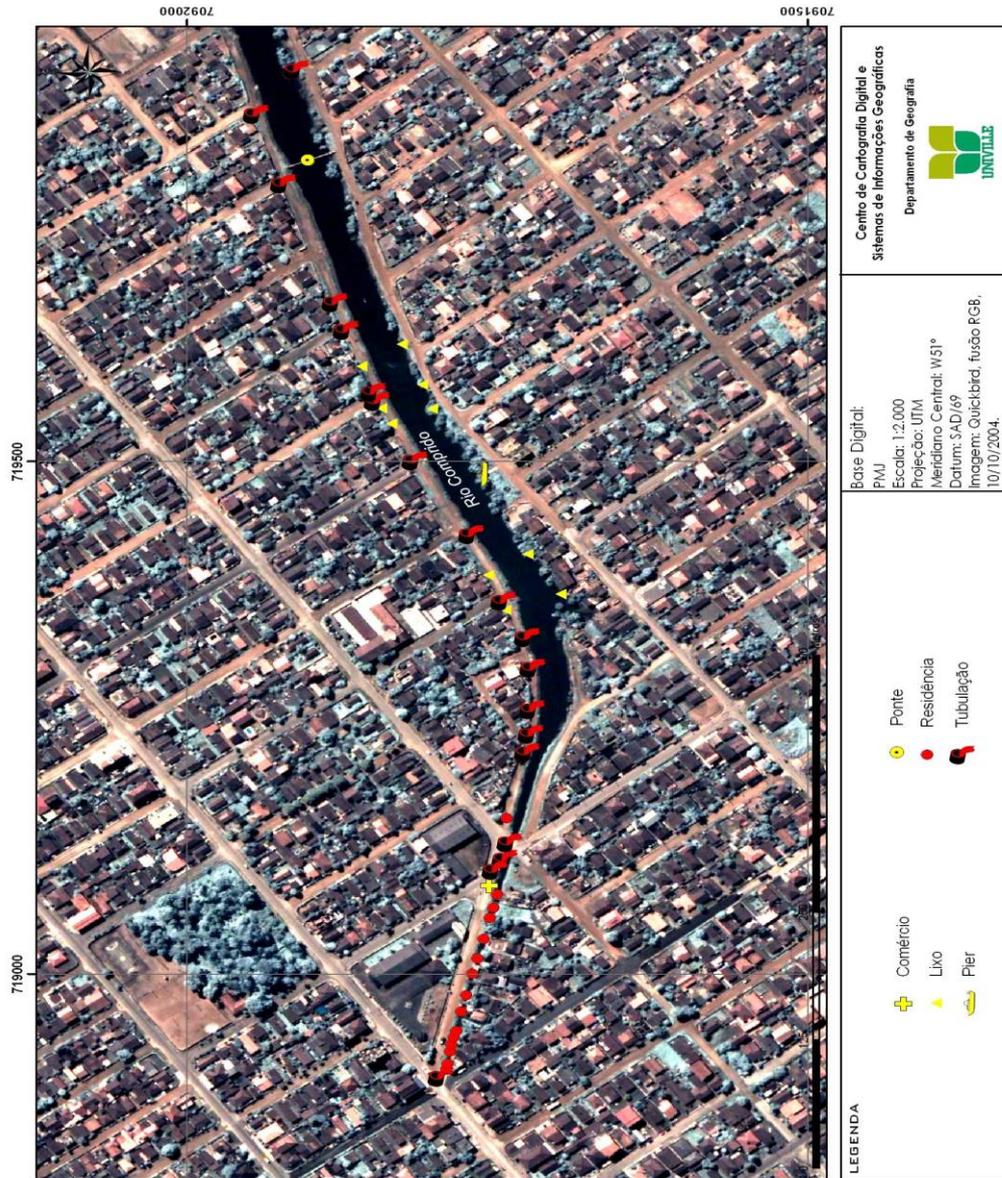


Figura 12 – Mapa temático de impactos direto ao corpo hídrico
Fonte: Autores



Figura 13 – Margens do Rio Comprido com queimada e entulho



Figura 14 – Margens do Rio comprido, Lixo (sofá) e manchas de óleo visíveis.

2.3 Análises físico-químicas

O procedimento de coleta e armazenamento para amostra seguiu APHA (1995) e a norma NBR 9897/1987 (Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores). Os parâmetros analisados no corpo hídrico foram temperatura, oxigênio dissolvido (OD), pH, condutividade, DBO₅ e óleos e graxas.

Todos os parâmetros acima foram medidos *in loco* com o multiparâmetro YSI 556 MPS (Figura 15), exceto DBO₅ que foi realiza no laboratório da UNIVILLE e óleos e graxas que foram analisados por empresa terceirizada.

A vazão foi medida pelo aparelho chamado Correntômetro ou medidor de vazão FP101-FP201 Global Flow Probe (Figura 16)



Figura 15 – Aparelho multiparâmetro YSI 556 MPS

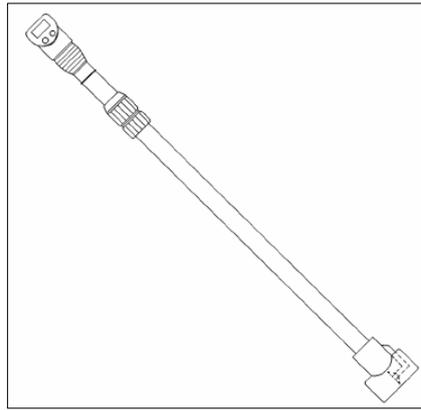


Figura 16 – Medidor de vazão FP101-FP201 Global Flow Probe
Fonte: User's Manual FP101-FP201 Global Flow Probe(2004)

2.3.2 DBO₅

As análises das amostras de DBO₅ foram realizadas no laboratório de Meio Ambiente da UNIVILLE e ocorreram conforme norma NBR 12614/1992 - Determinação da demanda bioquímica de oxigênio – Método de Incubação (20°C, cinco dias) Método A - Incubação sem diluição.

2.3.3 Óleos e graxas

As amostras foram coletadas, armazenadas e enviadas para determinação do teor de óleos e graxas (conforme Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e NBR 13348/95 - Banho Residual e Efluente líquido) na empresa Instituto de Pesquisas Químicas – IP, conforme laudo no Anexo IV

2.4 Implantações de posto de coleta

Para a implantação de posto de coleta do óleo residual de fritura levou-se em consideração, primeiramente, a importância de um local de fácil acesso e visível à comunidade.

O local escolhido para a implantação foi o Colégio, Estadual Dr. Tufi Dippe, localizado na Rua Antônio Silva nº 4935 - Bairro Iririú, devido sua proximidade com o corpo hídrico em estudo e por possuir grande influência nos alunos que moram próximos a região do Rio Comprido. Para dar início ao projeto de implantação dentro do colégio foi realizada uma conscientização interna entre os professores, colaboradores e alunos, que funcionam como multiplicadores em seus lares e na comunidade onde moram.

Foi formalizado convênio entre colégio e empresa devidamente licenciada pelo órgão ambiental em junho/2021 e 2022 para coleta e reciclagem do óleo residual de fritura e para realização de logística de recolhimento e transporte e, para efetivação da reciclagem gratuita.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Condições de campo de amostragem

Na realização das coletas ocorreram alguns interferentes climáticos no local. A precipitação em excesso em alguns dias impossibilitou a coleta de dados e como o Rio Comprido desemboca na Baía da Babitonga ele sofre influência da maré, ocasionando em alguns dias/horários a “seca” do rio, vetando o uso do aparelho multiparametro (profundidade insuficiente).

Houve maré vazante nos dias 01/10/21 e 2/11/21 no ponto final de coleta (ponto 03) às 20h00min, como mostra a Figura 17.

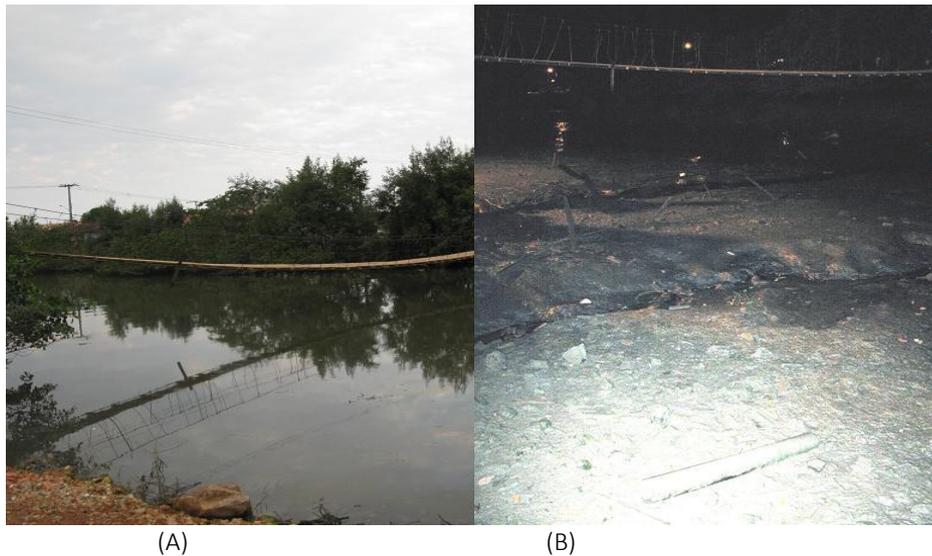


Figura 17 – à esquerda (Foto – A) rio com maré normal e á direita (Foto – B) rio após maré vazante

3.1.1 Tabulação dos dados obtidos pelo multiparâmetro YSI 556 MPS

Os dados obtidos *in loco* pelo aparelho foram agregados por data e pontos de coleta:

- Coleta dia 01/10/21 – Tabela 09;
- Coleta dia 23/10/21 – Tabela 10;
- Coleta dia 02/11/22 – Tabela 11;
- Coleta dia 02/12/22 – Tabela 12;

Tabela 09 - Dados coletados nos pontos no dia 01/10/21

COLETA DIA: 01/10/21								
TEMPO: Nublado SEM CHUVA. VAZÃO: 0,01m³/s								
COLORAÇÃO DA ÁGUA: Amarelada								
PONTO 01/01 13h00min			PONTO 02/01 13h00min			PONTO 03/01 13h00min		
TEMPERATURA	21,4	°C	TEMPERATURA	22,77	°C	TEMPERATURA	22,47	°C
OD	5,2	DOmg/L	OD	5,6	DOmg/L	OD	6,2	DOmg/L
pH	7,5	pH	pH	7,06	pH	pH	7,59	pH
condutividade	-34,2	pHmV	condutividade	-8,4	pHmV	condutividade	-40	pHmV
DBO5	3.1	mg/L	DBO5	3.25	mg/L	DBO5	3.01	mg/L
PONTO 01/02 20h00min			PONTO 02/02 20h00min			PONTO 03/02 20h00min		
TEMPERATURA	20,97	°C	TEMPERATURA	21,04	°C	TEMPERATURA	XXX	°C
OD	5,3	DOmg/L	OD	5,8	DOmg/L	OD	XXX	DOmg/L
pH	6,91	pH	pH	6,1	pH	pH	XXX	pH
condutividade	0,3	pHmV	condutividade	630,8	pHmV	condutividade	XXX	pHmV
DBO5	3.2	mg/L	DBO5	3.32	mg/L	DBO5	XXX	mg/L

Tabela 10 - Dados coletados nos pontos no dia 23/10/21

COLETA DIA: 23/10/21 13h00min								
TEMPO: Nublado, dia chuvoso. VAZÃO: 0,015 m³/s								
COLORAÇÃO DA ÁGUA: Amarelada								
PONTO 01/01 13h00min			PONTO 02/01 13h00min			PONTO 03/01 13h00min		
TEMPERATURA	21,55	°C	TEMPERATURA	21,57	°C	TEMPERATURA	23,3	°C
OD	3,6	DOmg/L	OD	4,8	DOmg/L	OD	4,1	DOmg/L
pH	4,8	pH	pH	5	pH	pH	5,2	pH
condutividade	-28,9	pHmV	condutividade	-29,0	pHmV	condutividade	-42,9	pHmV
DBO5	3.2	mg/L	DBO5	3.8	mg/L	DBO5	3.54	mg/L



PONTO 01/02 20h00min			PONTO 02/02 20h00min			PONTO 03/02 20h00min		
TEMPERATURA	21,49	°C	TEMPERATURA	21,45	°C	TEMPERATURA	22,22	°C
OD	4,9	DOmg/L	OD	4,05	DOmg/L	OD	4,6	DOmg/L
pH	5,84	pH	pH	4,8	pH	pH	5,9	pH
condutividade	63,4	pHmV	condutividade	9,9	pHmV	condutividade	-39,3	pHmV
DBO5	3.66	mg/L	DBO5	3.37	mg/L	DBO5	3.6	mg/L

Tabela 11 - Dados coletados nos pontos no dia 02/11/22

COLETA DIA: 02/11/22 13h00min
TEMPO: Nublado, dia chuvoso. Antecedente de chuva 8h00mim VAZÃO: 0,02 m³/s
COLORAÇÃO DA ÁGUA: Amarelada

PONTO 01/01 13h00min			PONTO 02/01 13h00min			PONTO 03/01 13h00min		
TEMPERATURA	21,56	°C	TEMPERATURA	21,96	°C	TEMPERATURA	23,68	°C
OD	6,32	DOmg/L	OD	6,15	DOmg/L	OD	6,2	DOmg/L
pH	7,66	pH	pH	6,5	pH	pH	6,7	pH
condutividade	-43,8	pHmV	condutividade	-50,6	pHmV	condutividade	71,8	pHmV
DBO5	3.05	mg/L	DBO5	3.21	mg/L	DBO5	3.13	mg/L

PONTO 01/02 20h00min			PONTO 02/02 20h00min			PONTO 03/02 20h00min		
TEMPERATURA	21,38	°C	TEMPERATURA	21,44	°C	TEMPERATURA	XXX	°C
OD	6,8	DOmg/L	OD	5,9	DOmg/L	OD	XXX	DOmg/L
pH	6,8	pH	pH	6,3	pH	pH	XXX	pH
condutividade	71,6	pHmV	condutividade	79,7	pHmV	condutividade	XXX	pHmV
DBO5	3.5	mg/L	DBO5	3.1	mg/L	DBO5	XXX	mg/L

Tabela 12 - Dados coletados nos pontos no dia 02/12/22

COLETA DIA 02/12/22
TEMPO: SOL SEM CHUVA. VAZÃO: 0,01 m³/s
COLORAÇÃO DA ÁGUA: Amarelada

PONTO 01/01 13h00min			PONTO 02/01 13h00min			PONTO 03/01 13h00min		
TEMPERATURA	24,6	°C	TEMPERATURA	25,7	°C	TEMPERATURA	26,5	°C
OD	7,2	DOmg/L	OD	4,9	DOmg/L	OD	4,2	DOmg/L
pH	6,81	pH	pH	5,0	pH	pH	4,2	pH
condutividade	xxx	pHmV	condutividade	xxx	pHmV	condutividade	xxx	pHmV
DBO5	3.11	mg/L	DBO5	3.28	mg/L	DBO5	3.12	mg/L

PONTO 01/02 20h00min			PONTO 02/02 20h00min			PONTO 03/02 20h00min		
TEMPERATURA	24	°C	TEMPERATURA	24,7	°C	TEMPERATURA	23,5	°C
OD	7,5	DOmg/L	OD	6,7	DOmg/L	OD	7,3	DOmg/L
pH	6,68	pH	pH	6,24	pH	pH	5,56	pH
condutividade	xxx	pHmV	condutividade	xxx	pHmV	condutividade	xxx	pHmV
DBO5	3.22	mg/L	DBO5	3.25	mg/L	DBO5	3.215	mg/L

3.2 Análises físico - químicas

A temperatura pode ser influenciada por fatores tais como: latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo, despejo industriais e domésticos, o que dificulta a homogeneização da qualidade da água em toda sua coluna e leito.

Mesmo não sendo um parâmetro especificado e controlado na legislação pertinente, a temperatura foi medida a fim de ter mais dados do corpo hídrico (Gráfico 02 e 03), e que se obteve variações entre 20,97°C e 26,5 °C nas amostras coletadas.

Os valores da temperatura podem apresentar picos em dias ensolarados onde a temperatura do óleo sob o sol pode atingir 60°C, matando os plânctons, animais e vegetais microscópicos, pode-se perceber que a maior temperatura foi em um dia de coleta com sol (Tabela 12) e com a temperatura de 26°C na água (Gráfico 02). A temperatura pode influenciar na solubilização de óleos e graxas, pois o coeficiente de solubilização do óleo em água aumenta com o aumento de temperatura.

Um fato interessante em relação à salinidade foi a mudança brusca nos três pontos distintos (Gráficos 04 e 05), pois o corpo hídrico estudado possui grande influência do mar, ocasionando maior salinidade no último ponto (ponto 3) decorrente da influência marinha. Com o aumento da salinidade,





os compostos orgânicos tendem a diminuir o coeficiente de solubilidade, minimizando assim a solubilização de óleos de graxas.

A obtenção de dados referente a óleos e graxas apresentou um elevado teor de óleo no corpo hídrico nos dias 23/10/21 na coleta das 13h00min nos pontos 1.1 e 1.3, e das 20h00min nos pontos 2.1, 2.2 e 2.3, e no dia 02/12/22 apenas na coleta das 13h00min no ponto de coleta 1.2 e 1,3.

Mesmo nos pontos de coleta, cujas as análises não ultrapassaram 0,5 mg/L era de fácil visualização na superfície do corpo hídrico a contaminação pelo óleo.

A resolução 357/05 CONAMA especifica que óleos e graxas devem ser virtualmente ausentes em um corpo hídrico. As concentrações encontradas nas análises de óleos e graxas são referentes ao sobrenadante que não está completamente diluído no corpo hídrico.

O pH influencia diretamente os ecossistemas aquáticos devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Nas medições de pH (Gráficos 08 e 09), houve alterações significativas no valor, que conforme Resolução CONAMA n°357/05, a faixa ideal para critérios de proteção de vida aquática é entre 6 e 9. A maior alteração ocorreu nos dias 23/10/21 na coleta das 13h00min e das 20h00min em todos os pontos. No dia 2/12/22, também houve valores abaixo de 6,0, na coleta das 13h00min nos pontos 02 e 03. Estes valores possivelmente podem ter agravado com o despejo de óleo residual de fritura, como pode ser visto nos Gráficos 06 e 07 onde indicam que os maiores teores do óleo no corpo hídrico foram nos mesmos dias em que o pH teve valores mais baixos.

O óleo residual de fritura age na superfície produzindo ácidos orgânicos voláteis pelas bactérias acidificadoras, os derrames de óleos podem alterar o pH, diminuem o oxigênio dissolvido e a disponibilidade de alimentos.

O OD é vital para os seres aquáticos aeróbicos, por exemplo, para os peixes, as concentrações inferiores a 3,0 mg/L podem causar morte, dependendo da espécie, da idade e período submetido a tais concentrações. Ele serve como indicador de qualidade das águas e segundo Resolução CONAMA 357/05 para classe 2, que é o caso do Rio Comprido, o valor deve ser maior do que 5 mg/L. Nas medições de OD houve alterações nos dias 23/10/21 na coleta das 13:00 horas nos pontos 1.1, 1.2 e 1.3, e das 20:00 horas nos pontos 2.1, 2.2 e 2.3. No dia 2/12/22 também houve valores abaixo, na coleta das 13:00 horas nos pontos 1,2 e 1,3.

Esse decréscimo e variação do OD pode ocorrer devido a presença do óleo residual de fritura, além de acarretar problemas de origem estética, o mesmo diminui a área de contato entre a superfície da água e o ar atmosférico impedindo a transferência do oxigênio da atmosfera para a água, e também os óleos e graxas em seu processo de decomposição, reduzem o oxigênio dissolvido.

O óleo tem grande influência na transposição da luz solar na água, funcionando como uma barreira diminuindo a atividade fotossintética de algas, reduzindo a produção de O₂.

Com relação aos parâmetros analisados a concentração de OD variou de 3,6 a 7,3 mg/L e o pH teve variação de 4,2 a 7,66. Foi observado que há associação entre os menores valores desses parâmetros com teores elevados de óleo no corpo hídrico, devido à alta concentração de matéria orgânica e sua degradação. Dois fatores contribuem ainda mais para os baixos níveis de OD. A vegetação aquática desenvolvida logo abaixo dos pontos de lançamento devido ao processo de eutrofização o que dificulta o fluxo normal da água. O outro fator é a baixa declividade do terreno entre os pontos de lançamento até a foz no Rio Comprido. Ambos evitam a turbulência da água e conseqüentemente a dissolução do oxigênio atmosférico.

De acordo com os resultados de DBO mostrados nos Gráficos 12 e 13, pode-se observar que os valores desse parâmetro no Rio Comprido tiveram uma variação considerável nos pontos onde os valores de óleos e graxas foram elevados, discutidos anteriormente nos Gráficos 06 e 07. No ponto 1.2, foi obtido o valor máximo de DBO na amostra das 13h00min horas do dia 23/10/2021.

Conforme CONAMA 357/05, os resultados de DBO estão dentro dos parâmetros de DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂. A carga orgânica natural do Rio Comprido somadas aos efluentes de esgoto doméstico contribui para um agravamento deste parâmetro pois a carga orgânica tende a aumentar cada vez mais, em função do aumento populacional e da inexistência de sistema de coleta de tratamento de esgoto.





3.3 Teste de toxicidade

O resultado do primeiro teste de toxicidade (Tabela 13), com concentrações de 100%, 25%, 6,25%, 1,5625%, 0,39%, 0,097% e controle, revelou a necessidade da realização de outro teste toxicológico mais específico, para obter uma melhor faixa de concentrações. Foi observado que a exigência para validação do teste “a porcentagem de organismos imóveis no controle não deve exceder 10%” (CETESB, 1990b), ou seja 2 organismos, foi cumprida, pois não houve falência de nenhum organismo.

Para os resultados do primeiro bioensaio, foi calculado CE(I)50 no Gráfico 20, utilizando o programa estatístico Minitab 15.0.

Levando em consideração os resultados obtidos no primeiro bioensaio, foram definidas as concentrações de 25%, 21,4%, 17,6%, 13,8%, 10%, 6,2% e o controle para a realização do teste definitivo. Os resultados desse teste podem ser observados na Tabela 14. A partir dos dados obtidos, foi calculado CE(I)50 no Gráfico 21, utilizando novamente o programa estatístico Minitab 15.0.

Tabela 13 – Teste de toxicidade aguda preliminar com *D. similis*

Concentração das soluções teste	Nº inicial de <i>D. similis</i> em cada tubo	Nº <i>D. similis</i> mortos Tubo 1	Nº <i>D. similis</i> mortos Tubo 2	Nº <i>D. similis</i> mortos Tubo 3	Nº <i>D. similis</i> mortos Tubo 4	pH	OD	T
100 %	5	5	5	5	5			
25 %	5	5	5	5	5	6,28	2,6	25,4
6,25 %	5	1	0	0	0			
1,5625 %	5	0	0	0	0	6,33	4,6	25,1
0,390 %	5	0	0	0	0			
0,097 %	5	0	0	0	1			
0% controle	5	0	0	0	0			

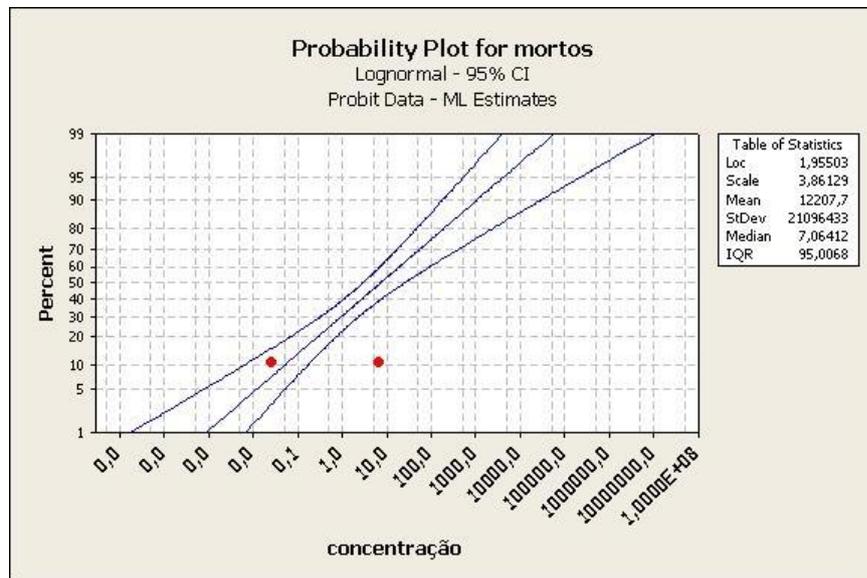


Gráfico 20 – Cálculo da CE(I)50 do teste preliminar

Tabela 14 – Teste de toxicidade aguda definitivo com *D. similis*

Concentração das soluções teste	Nº inicial de <i>D. similis</i> em cada tubo	Nº <i>D. similis</i> mortos Tubo 1	Nº <i>D. similis</i> mortos Tubo 2	Nº <i>D. similis</i> mortos Tubo 3	Nº <i>D. similis</i> mortos Tubo 4	pH	OD	T
25 %	5	4	5	5	3	7,05	5,5	21,9
21,4 %	5	3	3	5	5			
17,6 %	5	4	3	3	4			
13,8 %	5	3	2	3	4			
10 %	5	3	0	4	1			





6,2 %	5	5	3	1	4	6,27	4,8	22,4
0% controle	5	0	0	0	0			

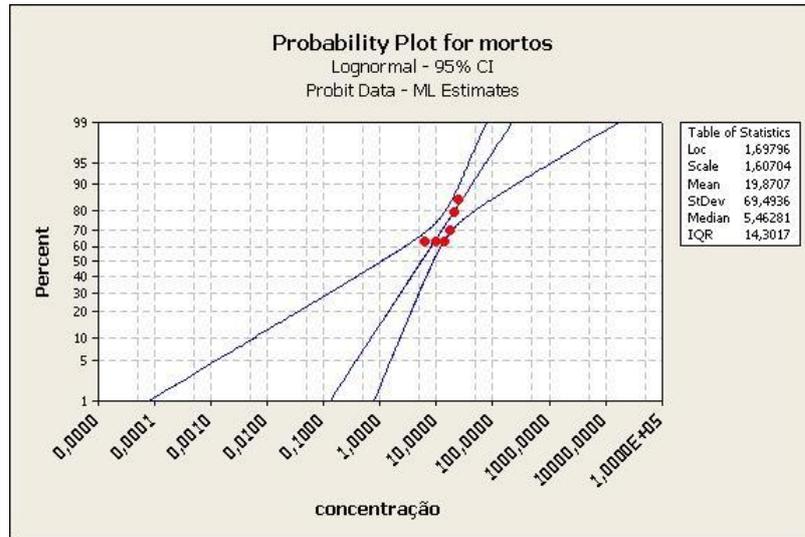


Gráfico 21 – Cálculo da CE(I)50 do teste definitivo

O resultado do teste de toxicidade definitivo revelou que o $CE(I)_{50,48\text{horas}}$ é 5,46%; ou seja, houve a mortalidade de 50% dos indivíduos testados numa diluição de 5,46%. Os parâmetros físico-químicos citados anteriormente para bioensaios são de elevada importância para definição das condições ambientais, nas quais os neonatos de *Daphnia similis* se encontram e para a validação do teste de toxicidade. Tais organismos possuem sobrevivência em pH entre 7 e 8, oxigênio dissolvido > 3 mg/L e temperatura 20 ± 2 °C.

Portanto, no teste definitivo, é considerada válida a análise toxicológica, tendo todos os parâmetros físico-químicos adequados para a sobrevivência do bioindicador.

Comparando o valor obtido no teste definitivo $CE(I)_{50}$ de 5,46% com a Tabela 06, citada na página 37 da revisão bibliográfica, constatou-se na escala de toxicidade que a amostra possui $CE(I)_{50} < 25\%$, portanto sendo considerada muito tóxica.

3.5 Coleta do óleo residual de fritura nos pontos de coleta

Com convênio firmado entre a empresa coletora e o Colégio Estadual Dr. Tufi Dippe em junho/2008 e após a implantação do projeto entre os alunos e colaboradores foi dado início às coletas do óleo residual de fritura em garrafas de PET (politereftalato de etileno) no mês de julho/2008.

Ocorreram várias atividades internas de conscientização e desenvolvimento de trabalhos escolares com o tema “óleo residual de fritura” onde obteve-se resultados animadores tanto nas coletas quanto no desenvolvimento e aprendizado dos alunos que confeccionaram *folders*, camisetas e *slogans*, outros alunos até realizaram um mutirão de conscientização na comunidade e em estabelecimentos que utilizam o óleo residual de fritura em preparos de alimentos, sendo esses potencialmente poluidores, e aderindo ao projeto de coleta, que já vem sendo realizado há mais de 2 anos em 250 estabelecimentos da cidade de Joinville pela empresa coletora.

No mesmo mês, foi realizada conscientização dos alunos por meio de trabalhos elaborados em sala, palestras, distribuição de panfletos sobre a necessidade da coleta do óleo residual e os impactos ambientais causados quando descartado diretamente no solo, podendo acarretar degradação, poluição e assoreamento dos cursos d’água, perda da biodiversidade e conseqüentemente, problemas sociais e econômicos. Desta, forma promoveu-se o desenvolvimento sustentável, como finalidade de não causar prejuízos para o ambiente e gerações futuras. Criou-se o Projeto “de gota em gota” (Figura 19), que foi divulgado na comunidade por meio de panfletagem (Figura 20).





Figura 19 - Folder de divulgação de coleta do óleo residual de fritura interno.
Fonte: Autores



Figura 20 - Folder distribuído na comunidade
Fonte: Autores

Em segundo momento, foi elaborado um plano de coleta mensal do óleo residual em garrafas PET's de 2 litros, pois é um material de fácil acesso a todos e que pode ser reciclado após esse uso como recipiente de coleta. O local onde as garrafas foram armazenadas trata-se de um recipiente de 200 litros (bombona), devidamente identificadas, especificando o projeto e indicando onde deve ser introduzido. O recipiente é totalmente seguro contra vazamentos, derramamentos e violações, pois a tampa é fechada com cadeado e só pode ser aberta no momento da coleta pela empresa responsável pelo serviço, conforme demonstrado na Figura 21.



Figura 21 - Bombonas coletoras de garrafas Pet's
Fonte: Autores

A primeira coleta de um volume significativo de óleo foi realizada em 06/08/2021 com o total de 180 litros, na segunda data de coleta realizada no dia 10/10/2021 foi coletado um volume de 400 litros de óleo, na data de 17/10/2022 foi coletado um volume de 66 litros de óleo, e por fim, no fechamento do ano letivo no colégio foram coletados 122 litros de óleo na data de 31/10/2022, totalizando um volume de 768 litros de óleo residual de fritura.

Os alunos também adquiriram conhecimento a respeito do descarte incorreto do óleo residual de fritura, entendendo o risco de contaminação dos corpos hídricos, pois os mesmos habitam a comunidade do rio estudado neste trabalho e conhecem o histórico de poluição do mesmo.

Segundo Mancini, Ferraz e Bizzo (2012), a coleta seletiva pode ser um caminho informativo, educativo e de prática contínua para a população. Entretanto, é importante mencionar que nem sempre há um planejamento efetivo nas prefeituras, sendo de sua responsabilidade as instruções domésticas e empresariais segundo o Planares (BRASIL, 2022). Nesse cenário, o processo de coleta seletiva fica sob responsabilidade dos catadores que têm um vínculo com as associações ou trabalham de forma individual, os quais carecem de apoio do poder público, quanto aos equipamentos de segurança e remuneração. Assim também se vislumbra que as administrações municipais poderiam fazer parcerias com as associações de catadores, adquirindo seus produtos para uso (Madaan, Kaur, & Gowda, (2023). Em relação ao desenvolvimento sustentável, a pesquisa apresenta vários aspectos em como: “no consumo consciente em relação a preservar o meio ambiente para as futuras gerações, dando aos materiais recicláveis a destinação correta; dentro da economia circular e solidária a geração de emprego e renda digna para os catadores e catadoras inseridos no projeto” (Bizarrias, Cucato, Ferreira & Silva2024). Isso vai ao encontro do que diz Oliveira (2002), ao conceber o desenvolvimento sustentável enquanto transformação social, bem como o Relatório Brundtland (1987), que respalda a questão da manutenção da natureza ecológica para as presentes e futuras gerações. Nesse sentido, enfatiza que a “educação ambiental é o diálogo permanente com a sociedade” e a falta de apoio quanto aos recursos para as despesas e que seria um ponto positivo as instituições públicas aderirem à compra de produtos produzidos por associação sustentáveis (Franzen et al. 2024).

Nos últimos anos, têm surgido diversas iniciativas para reaproveitar o óleo pós-fritura, desenvolvidas tanto por órgãos públicos quanto privados. Cita-se, como exemplo, o McDonald's, que transforma o óleo de cozinha em biodiesel, utilizando-o em caminhões de entrega às lojas da empresa (Caetano, 2010). Há, ainda, outros casos de reaproveitamento de óleo de cozinha, por meio de iniciativas do poder público em parceria com ONGs e outras entidades. Nos municípios de Ribeirão Preto, Salvador, Florianópolis, Rio de Janeiro, Porto Alegre e Curitiba, esse produto é recolhido para ser transformado em resina de tintas, sabão, ração animal e biodiesel (Zucatto, Welle & Silva, 2013).

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os elevados valores de óleos e graxas encontrados nas amostras dos dias 23/10/21 e 02/12/22 podem ter ocorrido em relação a lançamentos inadequados de óleo residual de fritura em grandes quantidades, por exemplo, em estabelecimentos gastronômicos ocorrendo uma alta concentração deste óleo no corpo hídrico dificultando sua autodepuração.

Os óleos e graxas não apresentam uma biodegradabilidade rápida, ou seja, em 5 dias da análise da DBO, os microorganismos podem não ter degradado tais componentes, o que pode ter ocasionado os baixos valores de DBO.



Os ensaios ecotoxicológicos possuem a particularidade de expressar o quanto os contaminantes tóxicos são nocivos aos organismos. Os bioensaios a *Daphnia similis* são de fácil execução e podem ser aplicados como avaliação preliminar da toxicidade de análises ambientais. O resultado de toxicidade aguda CEI(50) no teste definitivo demonstrou que o óleo residual de fritura é altamente tóxico (<25%), resultando no valor de 5,46%.

O projeto “de gota em gota” implantado no colégio Dr. Tufi Dippe demonstrou-se importante, pois os alunos, colaboradores e comunidade no geral aderiram à destinação correta do óleo residual de fritura somando um total de óleo coletado em 3 meses de 768 litros.

É de grande importância e urgência um estudo de impactos ambientais mais aprofundados da região onde está localizado o Rio Comprido, como foi percebido *in loco* e retratado neste trabalho e que a abordagem do uso e conservação da água, assim como os problemas que envolvem a bacia possam ser apoiados na educação ambiental, a qual potencialmente deve ser um instrumento de alteração de padrões de comportamento e de valorização do meio ambiente e do corpo hídrico.

Um registro importante acerca da implementação e do monitoramento do ODS 6 é o envolvimento dos agentes privados. O maior envolvimento com a Agenda 2030 está ainda no setor público e em entidades civis organizadas – ONGs, bem como em associações de profissionais – cujo poder de transformação é menor do que os grandes usuários privados da água. A adesão do setor produtivo consta em registros de eventos, estudos, discursos e práticas isoladas, embora importantes; contudo, parte desse setor mantém ainda posicionamentos contrários à sustentabilidade, o que se choca com os ODS, além de se opor a instrumentos das políticas ambiental e de recursos hídricos. Exemplos disso tem sido a forte oposição apresentada ao enquadramento de corpos d’água e à cobrança pelo uso da água (Lei no 9.433/1997), assim como ao licenciamento ambiental (Lei no 6.938/1981).

Resultados atípicos foram obtidos na coleta de dados físico-químicos, sendo descartados sendo recomendável que os parâmetros sejam analisados sempre junto com a metodologia e com aparelhos calibrados corretamente, afim de obter uma avaliação mais precisa. Como sugestão para estudos futuros sugere-se realizar maior número de coletas e em maior periodicidade para obtenção de dados.

Foi possível constatar que uma das maneiras para resolver o problema da poluição é o desenvolvimento de políticas e programas de conscientização, tanto do poder público como da iniciativa privada, que esclareça que a água é um recurso renovável, porém finito e cada vez mais escasso.

REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 10.004/2004 – **Classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que estes resíduos possam ter manuseio e destinação adequados.**
- ABNT NBR 10.151/2000 – **Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento.**
- ABNT NBR 10.152/2000 – **Níveis de ruído para conforto acústico** CREA-SP; PINTO, Tarcísio de Paula; GONZÁLEZ, Juan Luís Rodrigo (coordenadores).
- ABNT NBR 15.112/2004 – **Resíduos da construção civil e resíduos volumosos.** Áreas de Transbordo e Triagem. Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- ABNT NBR 15.114/2004 – **Resíduos sólidos da construção civil. Áreas de Reciclagem.** Diretrizes para projeto, implantação e operação.
- ABNT NBR 15.115/2004 – **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Execução de camadas de pavimentação.** Procedimentos.
- ABNT NBR 15.116/2004 – **Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil. Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural.** Requisitos.
- ABRELPE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (2011). **Panorama dos Resíduos Sólidos 2011.** Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_edicoes.cfm. Acesso em: ago. 2016.
- ADDIS, Bill. **Reuso de materiais e elementos de construção.** Oficina de Textos. São Paulo. 368p, 2010.
- ADEDE Y CATRO, J.M **Resíduos Perigosos no Direito Internacional e sua internalização nos países do Mercosul,** (Mestrado em integração Latino Americana) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,2001.
- ALENCAR, L. H., SANTANA, M. H. **Análise do Gerenciamento de Múltiplos Projetos na Construção Civil.** Revista de Gestão e Projetos, v.1, 2010.
- ALMEIDA, I. T. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto.** Dissertação de mestrado. 1999.194f. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ANDRADE, A. C.; SOUZA, U.E.L. **Método para quantificação de perda de materiais nos canteiros de obras de construção de edifícios: superestrutura e alvenaria.** **Boletim técnico da Escola Politécnica da USP.** São Paulo. 28p. 2000.
- Andrade, A.C.; Souza, U.E.L.; Paliari, J.C.; & Agopyan, V. **Estimativa da quantidade de entulho produzido em obras de construção de 54 edifícios.** In: **SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL**, 4, 2001, São Paulo. Anais, São Paulo: Comitê Técnico CT 206, 2001.



- Andrade, S.M.M. **Metodologia para avaliação de impacto ambiental sonoro da construção civil em meio urbano.** Tese de doutorado. 2004. 198 f. Coordenação dos Programas de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- Araújo, Márcio Augusto. **A moderna construção sustentável.** Disponível em: http://www.idhea.com.br/artigos_entrevistas.asp. Acesso em: ago. 2016.
- Araújo, V.M. & Cardoso, F.F; **Redução de impactos ambientais do canteiro de obras. Projeto Finep Habitações + sustentáveis.** Finep. São Paulo.15p.2006.
- Assis, C. S. **Modelo de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Contribuição ao Planejamento Urbano,** 2012, Rio Claro, Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.
- Ballou, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007, 532p.
- Bizarrias, F. S., Cucato, J. da S. T., Ferreira, M. C. O., & Silva, J. G. da. (2024). The hiatus between attitude and intention in sustainable consumption: an approach using a necessary conditions analysis. **Review of Sdgs in Emerging Countries**, 6, e53. <https://doi.org/10.37497/2965-7393>.
- BRASIL. **Resolução CONAMA 307/2002 – Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre>. Acesso em: ago. 2016.
- BRASIL. **Resolução CONAMA 01/1990 - Dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=98>. Acesso em: ago. 2016.
- BRASIL. **Lei nº 12.305/2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: ago. 2016.
- BRASIL. **Resolução CONAMA 348/2004 - Altera a Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449> Acesso em: ago. 2016.
- BRASIL. **Resolução CONAMA 431/2011 – Altera o art. 3º da Resolução no 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso.** Disponível em : <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre>. Acesso em: ago. 2016. 55
- BRASIL. **Resolução CONAMA 448/2012 – Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA.** Disponível em : <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cf>. Acesso em: ago. 2016.
- Brito Filho, J. A. Cidade versus entulho. IN: **II Seminário desenvolvimento sustentável e reciclagem na construção civil.** São Paulo, 1999, Anais: IBRACON/CT206-1999.
- Caetano, M. **McDonald's lança projeto de biodiesel a partir do óleo de cozinha.** 2010. Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1711075-1934,00.html>
- Camargo, A.L.B. **Desenvolvimento sustentável: dimensões e desafios.** Campinas: Papirus, 2003. 160p.
- Carlos, M. G. O et al (2003). Gestão Ambiental, estratégia e desempenho: o Caso da Indústria Têxtil. In: **VII ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MIO AMBIENTE**, 7, 2003, São Paulo. Anais: VII ENGEMA, p. 41, São Paulo, 2003.
- Carneiro, F.P. **Diagnóstico e ações da atual situação dos resíduos de construção e demolição na cidade do Recife.** 2005. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.
- Careli, E. D. **A Resolução CONAMA nº 307/2002 e as Novas Condições para Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição.** 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, São Paulo, 2008.
- Carvalho, E. M. de & Filho, J. D. A Contribuição dos Resíduos Sólidos da Construção Civil e de Demolição para a Crise Ambiental Urbana. In: **25º Encontro Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.** Anais do 25º Encontro Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Florianópolis – SC, 2009.
- CESAN – COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO (2010). **Manual ambiental de projetos e obras.** Versão 1.0 junho 2010. Disponível em: http://www.cesan.com.br/manual_ambiental_de_projetos_e_obras.pdf. Acesso em: ago. 2016.
- César, Gabriele Cristina de L., KELES, Janira A., CORDEIRO, J. & LAGE, Maria A. Avaliação da Qualidade da Água do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Peti, Minas Gerais. **Geociências**, v. 39, n. 3, p. 817 - 829, 2020
- CHAGAS, L. S. V. B., PADILHA Jr, M. A. & TEIXEIRA, E. C. Gestão da tecnologia: uso do sistema BIM para a compatibilização de projetos. In: **XXXV Encontro Nacional De Engenharia De Produção**, 2015, Fortaleza. Disponível em: Acesso em ago/2016.



- Colombo, C. R. & Bazzo, W. A. Desperdício na construção civil e a questão habitacional: um enfoque CTS. **Revista Roteiro**, Laçaba, v. XXVI, n.46, 2001.
- Degani, C.M. **Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios**. 2003. 223f. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em. Acesso em: jun. 2016.
- Fachim, Z. & Silva, D. M. da. **Acesso à água potável: direito fundamental de sexta dimensão**. Campinas: Millennium, 2011. 97p.
- Franzen, E. N. de M., Menezes, E. C. de O., Santos, R. C. dos, & Rosa, R. A. (2024). The economy and the environment in debate: limits and potential for a new scenario for sustainable development and objectives. **Journal of Lifestyle and SDGs Review**, 4(00), e01596. <https://doi.org/10.37497/2965-730X>.
- Filho, R. D. O. Análise do consumo de combustível de ônibus urbano. In: **Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET)**, 2014.
- Fogliatti, M.C., Fillipo, S. & Goudard, B. **Avaliação de impactos ambientais: aplicação aos sistemas de transporte**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 249p.
- Gaede, Lia Pompéia Faria. **Gestão Dos Resíduos Da Construção Civil No Município De Vitóriaes E Normas Existente**. Belo Horizonte 2008. Dissertação. Escola de Engenharia da UFMG.
- Gameiro, M., Neto, B, Ferreira & Thierry, F. **Greenbuilding Brasil Conferência Internacinal e Expo 2015**. GCB BRASIL, São Paulo, ano 3, n. 7, p. 25-26, jan. 2016. Entrevista concedida a GBC BRASIL.
- Hoffmann, D, de L. **Planejamento de compras em uma universidade pública da Região Norte**. Dissertação (Mestrado em Logística). 149f. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, 2011.
- INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION – CIB. **Agenda 21 on sustainable construction**. Rotterdam: CIB, 1999. 131p. CIB report publication 237.
- INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION – CIB; UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CENTRE - UNEP-IETC. **Agenda 21 for sustainable construction in developing countries**. Pretoria: CIB e UNEP-IETC. 2002. 83p. Boutek Report No Bou/E0204.
- lida, I. **Ergonomia: projeto e produção**. 2a edição rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- Jadovski, I. **Diretrizes Técnicas e Econômicas para Usinas de Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição**. Porto Alegre, 2008. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia.
- Johann, D., Santos, R. C. dos, & Tutida, A. Y. (2023). Circular Economy, Supply Chain Management, and Commodities: Research Agenda in the Sustainable Context. **Journal of Lifestyle and SDGs Review**, 3(00), e01560. <https://doi.org/10.37497/2965-730X>.
- John, V. M.. **Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2010. 102p. Tese (livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de SP. 57
- Kibert, C. J., Sendzimir, J. & Guy, G. B. Construction ecology and metabolism. In: **Cib Symposium In Construction And Environment: Theory Into Practice**, 2000, São Paulo, Brazil. Proceedings8p.
- Kruger, J. A. **Elaboração de procedimentos padronizados de Execução dos Serviços de Assentamento de Azulejos e Pisos Cerâmicos**, Estudo de Caso, Florianópolis, UFSC, 1997.
- Lambert, D. M., Stock, J. R. & Vantine, J. G. **Administração estratégica da logística**. São Paulo: Vantine, 1998.
- Lemaire, S., Chevalier, J., Chevalier, J. L. & Guarracino, G. Introducing environmental and health criteria when choosing building products. **International Conference on Durability of Building Materials and Components**. Lyon, 8p., Abril de 1995.
- Lima, R. A. **Aplicação do Projeto Didático-Pedagógico “Sabão Ecológico” em uma Escola Pública de Porto Velho – RO**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 18, n. 3, p.1268-1272, 2014.
- Llatas, C.A. A model for quantifying construction waste in projects according to the European wast list. **Waste Management**, v.31, n.6, 2011.
- Loturco, B. A nova lei do lixo. **Revista Téchne**. São Paulo, Janeiro de 2004.
- Madaan, G., Kaur, M., & Gowda, K. R. (2023). Business responses towards corporate social responsibility and sustainable development goals during covid-19 pandemic. **Review of Sdgs in Emerging Countries**, 5(00), e23. <https://doi.org/10.37497/2965-7393>.
- Maxxwell, D. & Van Der Vortst, R. (2003). Developing sustainable products and services. **Jornal of Cleaner production** (2003).
- MARINHO, J. L. A. & SILVA, J, D. **Gerenciamento dos resíduos da construção e demolição: diretrizes para o crescimento sustentável da construção civil na região metropolitana do cariri cearense**. E-Tech: Tecnologias para competitividade industrial. Florianópolis, v. 5, n. 1, 2012.
- Marques Neto, J. C. & Schalch, V. **Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição: Estudo da Situação no Município de São Carlos-SP**. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, 2010.





- Mascarenhas, M. P. & Silva, W. A. C. Logística reversa de óleos vegetais e sua transformação em biodiesel como prática sustentável: aspectos positivos e negativos bioenergia. *Revista diálogos*, ano 3, n. 1, p. 88-106, jan./jun. 2013.
- MONTEIRO, J. H. P., FIGUEIREDO, C.E.M., MAGALHÃES, A.F., MELO, M.A.F., BRITO, J.C.X., ALMEIDA, T.P.F. & MANSUR, G.L. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- Maia, P. A. **Estimativa de exposições não contínuas a ruído: Desenvolvimento de um método e validação na Construção Civil**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - UNICAMP, Campinas, Brasil.
- Nascimento, J. M. A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil. *Revista Especialize On-line IPOG*, v. 1, 2014.
- Oliveira, M.M., Pimentel, U.H.O., Zanta, V.M. & Athayde Júnior, G.B. Determinação da Taxa de Geração de RCC: Estudo de caso das obras do campus I da UFPB. IN: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 26, 2011. Porto Alegre-RS, 2011.
- Paliari, J.C. **Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios**. 1999. 473. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- Pessarello, Regiane Grigoli. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores**. 2008. 111 f. Monografia Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- Pinheiro, A.C.F.B. & Monteiro, A.L.F.B.P.A. **Ciências do ambiente: ecologia, poluição e impacto ambiental**. São Paulo: Makron, 1992. 148p.
- Pinto, T.P. **Metodologia para a Gestão Diferenciada de Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.
- Pinto, T.P. & González, J.L. R. **Gestão Ambiental de resíduos da Construção Civil: a experiência do SindusCon – SP**. São Paulo: Obra limpa: SindusCon – SP, 2005.
- Resende, F. (2007). **Poluição Atmosférica Por Emissão De Material Particulado: Avaliação E Controle Nos Canteiros De Obras De Edifícios**. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil. São Paulo 2007.
- Ribeiro, E. M. F., Maia, J. O. & Wartha, E. J. **As questões ambientais e a química dos sabões e detergentes**. Química Nova na Escola, v. 32, n. 3, p. 169-175, 2010.
- Roman, H. R. **O futuro da Construção Civil: inovação e sustentabilidade**. Disponível em <https://www.furb.br/especiais/download/ConstrucaoCivil.pdf> Acesso em: ago. 2016.
- Schenini, P. C., Bagnati, A. M. Z., & Cardoso, A. C. F. **Gestão de resíduos da construção civil**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário – UFSC. Florianópolis, 13p., 10 a 14 de outubro de 2004.
- Silva, V.G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. 2003.210f. Tese de doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- Silva, Marina. (2015). Entrevista concedida a GBC BRASIL. In: **GREENBUILDING BRASIL CONFERÊNCIA INTERNACIONAL E EXPO 2015**. GCB BRASIL, São Paulo, ano 2, n. 6, p. 26- 30.
- Souza, V. B. **Avaliação da Geração de Entulho em Conjunto Habitacional Popular – estudo de caso**. 2005. 251 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.
- Solís-Guzman, J., Marrero, M., Montes, M.V., & Ramírez-Dearellano, A. A Spanish model for quantification and management of construction waste. *Waste Management*. v. 29, 2009.
- Staniskis, J.K. & Stasiskiene, Z. (2003) Promotion of cleaner production investments: international experience, *Jornal of Cleaner production*.
- Spoto, R.M. Os resíduos da construção: problema ou solução? Espaço Acadêmico, ano VI, nº 61, jun. 2006.
- Marcondes, F. C. S. & Cardoso, C. (2005). Sustentabilidade de edifícios. In: **IV Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção/ I Encontro Latino Americano de Gestão e Economia da Construção**. Porto Alegre, 24 a 26 de outubro de 2005, UFRGS.
- Mendes, P.A.S. **Sustentabilidade na produção e uso do biodiesel**. Curitiba. Annris. 2015.
- Tocchetto, M. R. L., & Soares, M. R. K. (2003). **O gerenciamento dos resíduos sólidos industriais, 2003 Programa de Desenvolvimento de recursos Humanos**. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, Edição revisada 2003.
- Valverde, F.M. **Agregados para construção civil**. Anepac. São Paulo, 6p. 2006.
- Vieira, P. F. Weber, J. (Organizadores). **Gestão de recursos naturais renováveis e de desenvolvimento: novos desafios para pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez, 1997.
- Weydmann, J. D. A. C.; & Capacchi, M. Estudo sobre o conhecimento e o uso do balanced scorecard nas micro empresas de pequeno porte do setor de construção civil no município de Chapecó-SC. In: **XXXIV Encontro Nacional de Engenharia De Produção**, 2014, Curitiba. Disponível em: Acesso em: ago. 2016.





- Zordan, S. E. **Entulho da indústria da construção civil**. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP. Disponível em: Acesso em: 15 set. 2012.
- Zucatto, L. C., Welle, I. & Silva, T. N. D. Cadeia reversa do óleo de cozinha: coordenação, estrutura e aspectos relacionais. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, 53(5), 2013.
- Oliveira, M. M. & Gonçalves, M. F. S. Perspectivas do óleo residual de fritura: uma abordagem econômica, jurídica e socioambiental. **Espacios**. Vol. 37 (Nº 25) Año 2016.

