CARTILHA PARA INDÚSTRIA

ALIMENTOS E BEBIDAS

GESTÃO CORRETA DE EFLUENTES NO SETOR DO AGRONEGÓCIO

Futuris SUSTAINABILITY ADVISORS

BID | Invest

Título & Referência	**Cartilha da Indústria - Aquicultura**	**Versão final**
Cliente	BID Invest 1350 New York Ave NW, Washington, DC 20005, Estados Unidos da América	http://www.idbinvest.org
Preparado por	Mauricio Morera, Especialista em efluentes Mónica Salas, Especialista em efluentes	ma.morera@gmail.com msalas@auroraingenieria.com
Revisado por	Natalia Benavides, Consultora Sênior, Futuris Emma Tristán, Diretora Geral, Futuris	natalia@futurisconsulting.com emma@futurisconsulting.com
Contato Futuris	Futuris Consultoria S.A Tres Ríos, Cartago, Costa Rica	@ http://www.futurisconsulting.com +506 2279-3501

Copyright © [2024] Corporação Interamericana de Investimentos ("BID Invest"). Esta obra está sujeita à licença Creative Commons CC BY 3.0 IGO. Os termos e condições indicados no link da URL devem ser cumpridos, e o devido reconhecimento deve ser concedido ao BID Invest.

De acordo com a seção 8 da licença mencionada, qualquer mediação relacionada a disputas decorrentes dessa licença será conduzida de acordo com as Regras de Mediação da OMPI, vigentes no momento da disputa. Qualquer disputa relacionada ao uso das obras do BID Invest que não possa ser resolvida amigavelmente será submetida à arbitragem, de acordo com as regras da Comissão das Nações Unidas para o Direito Comercial Internacional (CNUDMI), vigentes no momento da disputa. O uso do nome do BID Invest para qualquer finalidade diferente do devido reconhecimento, bem como o uso do logotipo do BID Invest, estará sujeito a um acordo de licença escrito separado entre o BID Invest e o usuário, não estando autorizado como parte desta licença.

Note que o link da URL inclui termos e condições que são parte integrante desta licença.

DISCLAIMER

Este relatório foi elaborado pela Futuris Consulting SA com toda a proficiência, cuidado e diligência razoáveis nos termos do Contrato com o cliente, incorporando as nossas Estipulações e Condições Gerais de Trabalho, tendo em conta os recursos que lhe são dedicados conforme acordado com o cliente. Nós nos isentamos de qualquer responsabilidade para com o cliente ou terceiro com relação a quaisquer assuntos fora do escopo do pedido, conforme definido no Contrato com o cliente. Este relatório é confidencial para o cliente e terceiros especificamente indicados pelo contrato escrito entre Futuris Consulting SA e o cliente.

Não aceitamos qualquer responsabilidade de qualquer natureza para com qualquer terceiro que seja notificado com este relatório, ou partes dele. Fica a critério exclusivo de tais terceiros acatar e confiar ou não no relatório.

Sumário

1 ***Introdução***

1.1 Esta Cartilha do Setor e a Nota de Boas Práticas.....5

1.2 Fontes de informação.....5

2 *Características do setor e* ***Produção de efluentes***

2.1 Visão geral do setor.....6

2.2 Uso da água no processo industrial.....7

2.3 Revisão geral da produção de águas residuais.....10

2.4 Descrição da Qualidade das Águas Residuais Brutas.....10

3 *Melhores Práticas de* ***Gestão de Efluentes***

3.1 Prevenção da poluição BWMP.....12

3.2 Tratamento de efluentes BWMP.....14

3.3 Exemplo de tratamento de águas residuais BWMP.....16

3.4 Indicadores-chave de desempenho e monitoramento.....16

4 ***Referências***

Acrônimos

ALC	América Latina e Caribe
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BWMP	Melhores Práticas de Gestão de Efluentes
CIP	Limpeza no Local
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EC	Eletrocoagulação
ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FAD	Flotação por Ar Dissolvido
FOGs	Gorduras, Óleos e Graxas
GBP	Guia de Nota de Boas Práticas
ISO	Organização Internacional de Normalização
NMP	Número mais Provável
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
PE	Poluentes Emergentes
SBR	Reatores em Batelada Sequencial
SST	Sólidos Suspensos Totais
UASB	Manta de lodo Anaeróbio de Fluxo Ascendente
WBG	Grupo Banco Mundial

1 Introdução

1.1 ESTA CARTILHA DO SETOR E O GUIA DE BOAS PRÁTICAS

Esta cartilha setorial foi desenvolvida para complementar o Guia de Boas Práticas de Gestão de Efluentes para o Setor do Agronegócio1. Sempre que as informações neste guia se sobrepõem às do Guia de Boas Práticas de Gestão de Efluentes (GBP), faz-se referência ao GBP para evitar repetições desnecessárias.

Esta guia oferece uma visão compreensiva das melhores práticas de gestão de águas residuais (BWMP, na sigla em inglês) para lidar com os impactos ambientais na indústria de alimentos e bebidas, auxiliando as empresas a garantir conformidade com regulamentos pertinentes e promovendo práticas sustentáveis para preservar a saúde pública e o meio ambiente. A seção 2 aborda as características do setor, enquanto a seção 3 abrange o BWMP, incluindo a prevenção da poluição (seção 3.1) e o tratamento de águas residuais (seção 3.2).

As informações sobre os indicadores-chave de desempenho estão ligadas aos regulamentos específicos de cada país, e essas informações estão disponíveis na Seção 2 e no Anexo I do GBP. Para uma análise mais aprofundada de exemplos de prevenção da poluição e do BWMP no tratamento de águas residuais, consulte as Seções 4 e 5 do GBP, respectivamente. Detalhes adicionais sobre o monitoramento podem ser encontrados na Seção 6 do GBP.

1.2 FONTES DE INFORMAÇÃO

Esta cartilha da indústria sobre o tratamento de águas residuais provenientes do processamento de alimentos e bebidas foi elaborada com base em várias fontes de informação. Como ponto de partida, foi adotado o Manual de Prevenção e Redução da Poluição do Banco Mundial de 1998, que serve como estrutura subjacente para as diretrizes mais específicas da indústria reconhecidas como “Diretrizes Ambientais, de Saúde e Segurança para o Processamento de Alimentos e Bebidas “, publicadas pelo Grupo Banco Mundial em 2007. A lista completa de referências está disponível na Seção 4. Além disso, foram incorporadas informações obtidas em entrevistas com clientes do BID Invest.

2 *Características do Setor e* ***Produção de Efluentes***

2.1 VISÃO GERAL DO SETOR

A indústria de alimentos e bebidas compreende uma ampla gama de setores envolvidos na produção, processamento e distribuição de alimentos e bebidas. Isso inclui segmentos como o processamento de frutas e vegetais crus, carne (incluindo carne bovina, suína e de aves), conservação de peixes, crustáceos e moluscos, produção de óleos e gorduras vegetais e animais, moagem de grãos e amidos, bem como a fabricação de outros produtos alimentícios. Além disso, compreende a destilação, retificação e mistura de bebidas alcoólicas, a produção de bebidas fermentadas não destiladas, a fabricação de cerveja e vinho, a elaboração de refrigerantes e o envase de águas minerais e outros tipos de águas engarrafadas [2].

Até 2050, será necessário um aumento estimado de 70% na produção de alimentos e bebidas para atender às necessidades de uma população global que deverá ultrapassar 9.7 bilhões de pessoas. A região da América Latina e do Caribe (ALC), reconhecida por sua significativa capacidade de exportação de alimentos, estará bem-posicionada para aproveitar esse mercado em expansão. Com seus abundantes recursos e potencial, a ALC tem oportunidades significativas para atender à crescente demanda por alimentos e se destacar como um importante participante na indústria global de alimentos, que está crescendo rapidamente [3].

Da mesma forma, as projeções para o período entre 2018 e 2030 indicam que a região da ALC experimentará um crescimento acima da média em vários setores da indústria de alimentos e bebidas. Prevê-se um crescimento de 2.9% na produção de carne de aves, um aumento de 2.5% na produção de produtos da pesca e um crescimento de 3.5% na produção de ingredientes alimentares. Além disso, as regiões da América do Sul, América Central e Caribe têm a oportunidade de aumentar sua participação atual de 12% nas exportações globais de alimentos e produtos agrícolas. Isso aponta para oportunidades promissoras para que essas regiões ampliem sua presença e desempenhem um papel significativo no comércio internacional de alimentos [3].

2.2 USO DA ÁGUA NO PROCESSO INDUSTRIAL

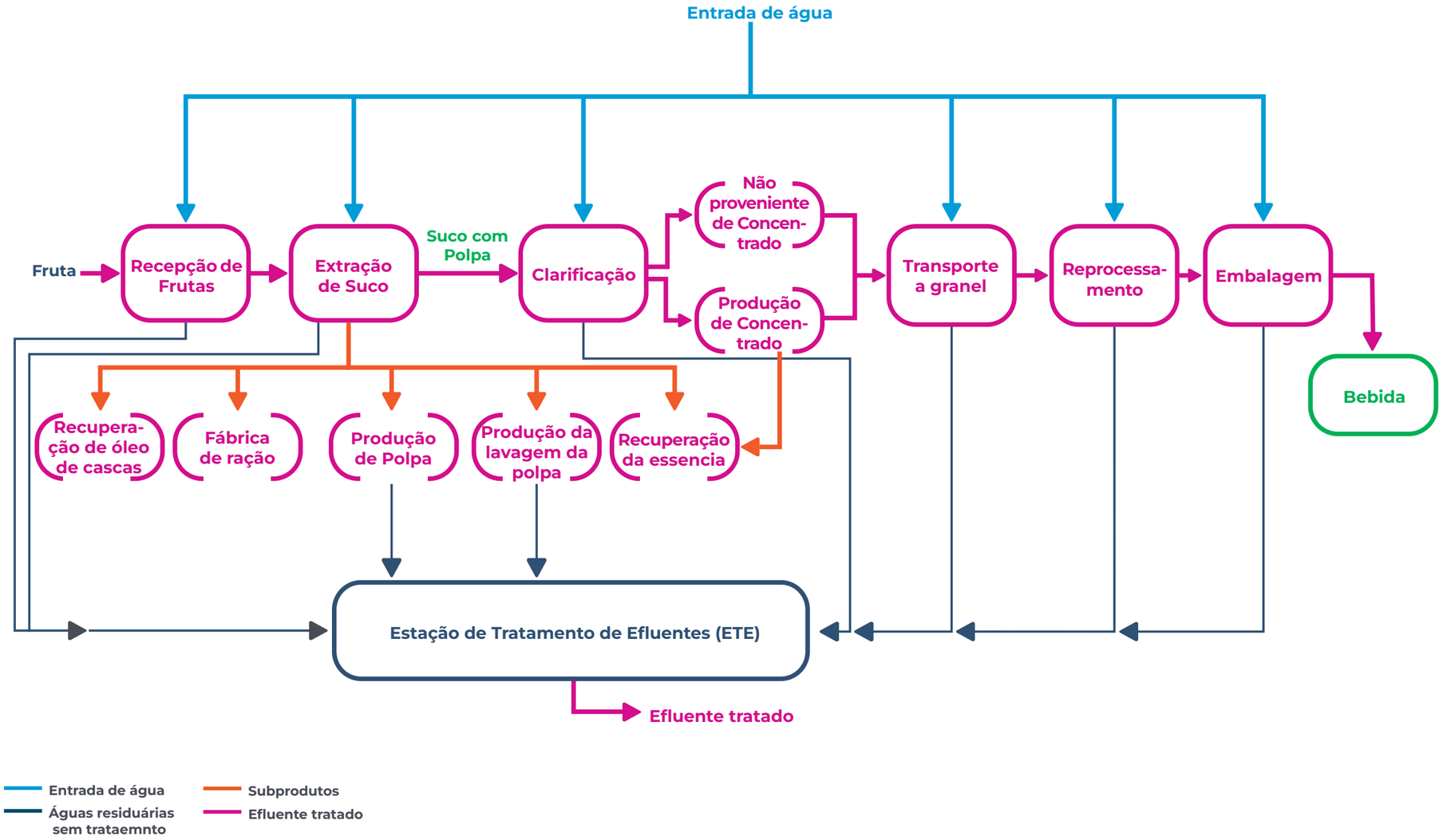
A água desempenha um papel fundamental em todas as etapas da cadeia de valor e no abastecimento da indústria de alimentos e bebidas. Como resultado, a indústria tem um impacto ambiental significativo relacionado à água, o que implica que ela consome e influencia uma quantidade substancial de recursos hídricos [4].

A água é essencial em todas as etapas do processo de fabricação de alimentos e bebidas, desde o início até o produto final. Em todas as fases de produção, a água desempenha papéis variados, como a preparação de ingredientes, a mistura, o cozimento, a limpeza e o envase.

Sua presença é crucial para manter os padrões de higiene, qualidade do produto e eficiência operacional.

A quantidade de água consumida nas indústrias de alimentos e bebidas pode variar consideravelmente, dependendo de fatores como o tipo específico de indústria, parâmetros do processo, o tamanho da unidade industrial, operações de limpeza e os equipamentos utilizados em cada etapa do processo [5].
Para exemplificar como a água é usada na indústria de alimentos e bebidas, a Figura 1 apresenta um fluxograma simplificado de uma instalação de processamento de bebidas. Este gráfico fornece uma visão geral dos diferentes estágios do processo e como a água desempenha um papel em cada etapa.

FIGURA 1 Fluxograma de processamento de bebidas



2.3 REVISÃO GERAL DA PRODUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

2.3.1 POLUENTES PRIMÁRIOS E SUAS FONTES

As águas residuais provenientes da indústria de alimentos e bebidas consistem principalmente de uma alta concentração de açúcar, aromatizantes e aditivos corantes, que contribuem indiretamente para o aumento da demanda biológica de oxigênio (DBO) e da demanda química de oxigênio (DQO) [6]. Além disso, agentes branqueadores, sais, fibras e partículas do solo aumentam a quantidade de sólidos suspensos totais (SST) nas águas residuais. Ocasionalmente, essas águas residuais podem conter vestígios de pesticidas provenientes da lavagem de matérias-primas [7].

As instalações de processamento de refrigerantes, cervejarias, vinícolas e destilarias frequentemente possuem altos níveis de DBO, SST, fósforo (P) e nitrogênio (N) em suas águas residuais. Em contrapartida, indústrias específicas como engenhos de açúcar e processadoras de café geram águas residuais com elevado conteúdo de matéria orgânica, contendo açúcar, bagaço, melaço (no caso dos engenhos de açúcar) e polpa e mucilagem (no beneficiamento de café úmido). Devido à composição desses efluentes, as águas frequentemente apresentam uma coloração marrom escura e têm caráter ácido, necessitando de tratamento antes de serem descartados no meio ambiente.

2.3.2 PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS

Dentro deste setor diversificado, o processamento de produtos agrícolas compreende vários subsetores e processos, criando uma complexa cadeia de suprimentos que demanda considerável uso de água [8]. Como resultado, a gestão da cadeia de suprimentos relacionada à água está se tornando cada vez mais importante para identificar fornecedores que possam enfrentar riscos significativos relacionados à água [9].

A agricultura, que é um componente fundamental da indústria de alimentos e bebidas, desempenha um papel significativo no consumo global de água, sendo responsável por utilizar até 70% dos recursos de água doce disponíveis em todo o mundo [10]. Portanto, abordar as práticas de gestão da água na agricultura é de extrema importância para garantir o uso sustentável dos recursos hídricos.

Além disso, os efluentes gerados no processo de produção de alimentos frequentemente apresentam desafios adicionais. Muitas vezes, esses efluentes não se degradam facilmente e não podem ser tratados eficazmente por instalações de tratamento de águas municipais. Isso pode levar à contaminação das fontes de água. As águas residuais provenientes da indústria de alimentos e bebidas, especialmente aquelas com altas concentrações de DBO e DQO, têm o potencial de esgotar rapidamente os níveis de oxigênio nos corpos d'água. Isso coloca em perigo a vida aquática e pode prejudicar a flora e a fauna. Quando as águas residuais não tratadas são lançadas nos corpos d'água, podem criar condições sépticas causando maus cheiros e precipitação de ferro e sais dissolvidos. No caso específico da indústria açucareira, o lançamento de águas não tratadas que contêm subprodutos da lavagem pode bloquear a luz solar, reduzindo a atividade fotossintética [11]. Isso tem como consequência que corpos d'água contaminados com efluentes industriais tornem-se inadequados para sustentar a vida aquática e para uso humano.

2.4 DESCRIÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS RESIDUAIS BRUTAS

A composição das águas residuais da indústria de alimentos e bebidas varia consideravelmente devido a uma série de processos em constante mudança. Vários fatores desempenham um papel na determinação da concentração e composição dos poluentes presentes no efluente bruto. Isso inclui o tipo de produto, o programa de produção, as práticas operacionais, o layout da instalação de processamento e o nível de gestão da água que é empregado, juntamente com a quantidade de água que está sujeita a reutilização. A Tabela 1 resume as faixas típicas de parâmetros de qualidade relatadas para águas residuais brutas na indústria de alimentos e bebidas.

TABELA 1 Faixas de parâmetros de qualidade para o processamento de alimentos e bebidas de águas residuais brutas.

Parâmetros	Cervejaria [12]	Frutas e hortaliças [7]	Engenhos de açúcar com destilarias e água de lavagem [13]
DQO (mg/L)	2,000-6,000	-	110,000 - 190,000
DBO (mg/L)	1,200-3,600	190 – 6,113	50,000-60,000
SST (mg/L)	2,900-3,000	177 – 4,133	13,000 - 15,000
N total (mg/L)	25-80	-	5,000 - 7,000
P total (mg/L)	10-50	3.1 - 8.6	2,500 – 2,700
pH	3.0-12	6.0 - 7.7	3.0-4.0

3 *Melhores Práticas de* ***Gestão de Efluentes***

3.1 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO BWMP

É crucial promover a adoção de tecnologias como a recirculação de água e estratégias de gestão para prevenir a poluição, visando alcançar a sustentabilidade. Manter-se informado sobre os avanços tecnológicos e pesquisas científicas é fundamental para alcançar esse objetivo. Para uma gestão eficaz das águas residuais, as indústrias de alimentos e bebidas devem implementar BWMP focados na prevenção da poluição, a fim de impedir que os poluentes atinjam as estações de tratamento. Outras informações relevantes sobre prevenção da poluição são detalhadas na seção 4 do GBP. Os exemplos apresentados na Tabela 2 devem servir de estímulo para a implementação da prevenção da poluição na origem, dentro das instalações de processamento de alimentos e bebidas.

TABELA 2 Técnicas de gestão para a prevenção da poluição das águas residuais no processamento de alimentos e bebidas

Técnicas de Gestão para Prevenção da Poluição	Descrição dos controles
Diminuição do consumo de água na instalação de processamento.	• Realize auditorias anuais na gestão da água para identificar áreas com ineficiências e perdas. • Faça manutenção adequada para reduzir vazamentos de água, como instalar selos mecânicos em bombas. • Minimize o uso de transporte úmido no processo e explore alternativas de transporte mecânico. • Utilize métodos de limpeza in loco para descontaminar equipamentos. • Ao lavar frutas e vegetais crus, prefira métodos secos, como vibração ou jatos de ar, em vez de transporte úmido. • Substitua equipamentos mais antigos e menos eficientes por modelos que economizam água, como mangueiras de alta pressão e baixo volume para a limpeza de equipamentos, bem como a instalação de bicos de pulverização. • Estabeleça um sistema de monitoramento da gestão de água para identificar áreas de desperdício e oportunidades de aprimoramento.
Reutilização de água para redução do consumo.	• Instale unidades de recirculação de água com filtros ou outros tratamentos para garantir a qualidade da água reutilizada. • Separe e recircule a água de resfriamento, evitando sua mistura com os efluentes e os fluxos de processo. • Prolongue a vida útil dos limpadores cáusticos, coletando-os em um tanque de decantação isolado e reutilizando-os na limpeza de equipamentos. • Reutilize a água do processo sem a necessidade de filtragem ou tratamento como uma etapa inicial de enxágue em ciclos de limpeza ou para a limpeza primária de pisos e calhas.
Minimizar a quantidade de poluentes que entram na ETE[14].	• Disponibilize recipientes para a correta disposição de resíduos sólidos e assegure que os funcionários compreendam quais materiais devem ser coletados e tratados como resíduos sólidos. • Instale equipamentos como telas, filtros e armadilhas na instalação de processamento para impedir a entrada de sólidos no fluxo de águas residuais. • Separe a mucilagem e a polpa do fluxo de efluentes em moinhos úmidos de café e busque alternativas para seu tratamento ou reutilização como subproduto. • Disponibilize recipientes para a correta disposição de resíduos sólidos e assegure que os funcionários compreendam quais materiais devem ser coletados e tratados como resíduos sólidos. • Instale equipamentos como telas, filtros e armadilhas na instalação de processamento para impedir a entrada de sólidos no fluxo de águas residuais. • Separe a mucilagem e a polpa do fluxo de efluentes em moinhos úmidos de café e busque alternativas para seu tratamento ou reutilização como subproduto.

Em processos industriais específicos, como em engenhos de açúcar, podem ser aplicadas técnicas de gerenciamento para prevenção da poluição, como o uso do excesso de condensado de água para fins como derretimento, fabricação de magma, diluição da massa e limpeza do sistema evaporador. Além disso, esse excesso de condensado pode ser resfriado e reutilizado para substituir a água doce. É de suma importância a instalação de tanques de retenção para armazenar a água altamente poluída durante a limpeza, a fim de evitar sobrecarregar a estação de tratamento.

No caso de cervejarias, reduzir o consumo de água pode ser alcançado pela retirada do grão por métodos secos, como raspagem ou escovação, além de utilizar a água de enxágue das garrafas para a lavagem de caixas. Em relação ao processo de beneficiado de café, é recomendável a instalação de equipamentos eficientes para despolpar e remover a mucilagem sempre que possível. Quando se dispõe de um equipamento de remoção de mucilagem, a separação eficaz da mucilagem e da polpa do fluxo de efluentes deve ser realizada, e alternativas para tratamento ou uso como subproduto devem ser exploradas.

3.2 TRATAMENTO DE EFLUENTES BWMP

Devido à variação na qualidade e na quantidade de águas residuais na indústria de alimentos e bebidas, não é viável depender de um único processo de tratamento padronizado. Em vez disso, a eficácia no tratamento das águas residuais da indústria de alimentos e bebidas é alcançada por meio da combinação de diferentes tecnologias. Essas tecnologias podem ser empregadas de forma individual ou em conjunto para assegurar a conformidade com os padrões de descarga estabelecidos. A Tabela 3 lista diversos exemplos de tecnologias disponíveis.

Por exemplo, em setores altamente poluentes, como a produção de açúcar, a dependência exclusiva de um único método de tratamento de efluentes não é suficiente para atender às regulamentações aplicáveis. Na indústria sucroalcooleira, é comum aplicar práticas como compostagem e concentração por evaporação, além dos métodos tradicionais de tratamento físico-químico e biológico [11].

O tratamento de efluentes na indústria de alimentos e bebidas compreende diversas etapas, que podem ser agrupadas em tratamento preliminar, primário e secundário. Essas etapas, de maneira conjunta, tratam a ampla variedade de poluentes e contaminantes presentes nas águas residuais, possibilitando sua remoção e purificação.

TRATAMENTO PRIMÁRIO OU TRATAMENTOS FÍSICOS E QUÍMICOS

O tratamento primário tem como objetivo a remoção de sólidos em suspensão e matéria orgânica do efluente por meios físicos. Geralmente, essa etapa envolve a sedimentação, onde as águas residuais são armazenadas em bacias ou tanques, permitindo que os sólidos mais pesados se depositem no fundo, formando lodo. O efluente clarificado é então retirado da parte superior para tratamento adicional. Outro método de tratamento primário é a Flotação por Ar Dissolvido (FAD), que introduz pequenas bolhas de ar que se aderem aos sólidos em suspensão, fazendo com que eles flutuem até a superfície, onde podem ser removidos. Sistemas FAD são amplamente empregados devido à sua eficiência na remoção de DQO, cor e turbidez. No entanto, seus altos custos energéticos e a possível limitação na disposição do lodo devido à toxicidade são fatores a serem considerados em relação à sustentabilidade. Os processos de tratamento químico utilizam produtos químicos para modificar as propriedades das águas residuais e facilitar a remoção de contaminantes. Métodos comuns incluem coagulação, floculação, ajuste de pH e desinfecção. Os coagulantes e floculantes são adicionados para promover a aglomeração e sedimentação de partículas finas, enquanto o ajuste de pH é realizado para otimizar o desempenho das etapas subsequentes de tratamento.

TRATAMENTO PRELIMINAR

O tratamento preliminar é a primeira fase do tratamento de efluentes, cujo foco principal é eliminar grandes sólidos e detritos. Essa etapa envolve diversos processos, como peneiramento, no qual as águas residuais passam por telas para capturar objetos grandes, como materiais de embalagem e resíduos de alimentos. Além disso, a remoção de areia é um método comum para eliminar partículas como areia e cascalho, que podem causar danos ou obstruir os processos de tratamento seguintes. Para separar e remover as gorduras, óleos e graxas são utilizadas caixas de gordura ou interceptores.

TRATAMENTO SECUNDÁRIO

O tratamento secundário se concentra na remoção biológica da matéria orgânica dissolvida e dos nutrientes remanescentes após o tratamento primário. Os métodos mais comuns para o tratamento secundário incluem o processo de lodos ativados, filtros de gotejamento e reatores em batelada sequencial (SBR, na sigla em inglês). No processo de lodos ativados, a matéria orgânica é degradada por microrganismos em tanques de aeração [15].Os filtros de gotejamento utilizam biofilmes em meios sólidos para decompor poluentes à medida que as águas residuais passam por eles. As SBR envolvem ciclos sequenciais de aeração, sedimentação e decantação, tudo dentro de um único tanque. Outra tecnologia amplamente empregada na indústria de alimentos e bebidas para tratamento secundário é o Reator Anaeróbio de Manta de Lodo em Fluxo Ascendente (UASB, na sigla em inglês). O reator UASB é um sistema anaeróbio que utiliza um leito de lodo granular para eliminar poluentes orgânicos e nutrientes das águas residuais. Esse reator opera no sentido ascendente, com as águas residuais entrando na parte inferior do reator e fluindo para cima através da manta de lodo. Os reatores UASB são especialmente eficazes no tratamento de águas residuais de alimentos e bebidas com elevada carga orgânica, proporcionando um tratamento eficiente e economicamente viável [2].

TABELA 3 Tecnologias de tratamento comuns utilizadas para o tratamento de águas residuais alimentos e bebidas.

Indústria	Tratamento preliminar	Tratamento primário	Tratamento secundário	Tratamento terciário	Tratamento de lodo	Tecnologias emergentes
Alimentos e bebidas	Equalização de fluxo, telas e filtros mecânicos.	Bacia de sedimentação, FAD e regulação do pH (se necessário)	Os tratamentos biológicos aeróbios/anaeróbios incluem lagoas revestidas aeróbias/ anaeróbias, reatores aeróbios, filtros anaeróbios, UASB e biofiltros.	Cloro, UV (se patógenos estiverem presentes, especialmente se as águas residuais forem irrigadas). Filtros multimídia, filtros de areia, filtros de tecido, ultrafiltração, microfiltração.	O lodo produzido no tratamento primário e secundário deve ser desidratado antes do descarte usando leitos de secagem de lodo, centrífugas ou decantadores. É incentivado a secar ainda mais o lodo para produzir biossólidos que possam ser reaproveitados.	Eletrocoagulação e sistemas híbridos [16] Micro/ultra/nano filtração combinada com osmose reversa [17] Oxidação química e eletro-oxidação[18] Células de combustível microbianas [19]

TRATAMENTO DE LODO

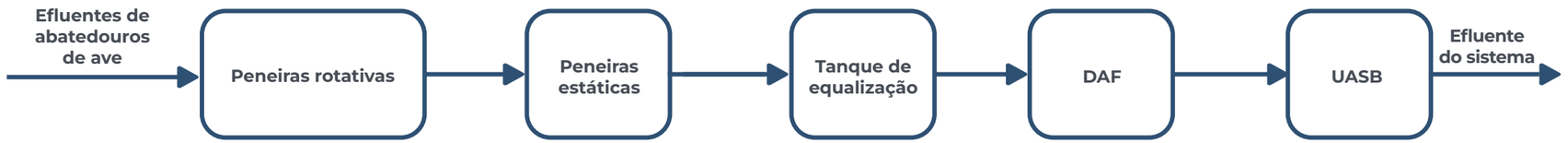
Na indústria de alimentos e bebidas, a gestão do lodo desempenha um papel crucial na administração dos resíduos sólidos gerados durante o tratamento de efluentes. Esse lodo contém uma mistura de componentes orgânicos e inorgânicos, e é essencial submetê-lo a procedimentos adequados para garantir sua disposição segura ou seu aproveitamento benéfico. Os processos comuns de tratamento de lodo na indústria de alimentos e bebidas envolvem etapas de espessamento, estabilização, desidratação, condicionamento, e, por fim, a disposição adequada ou reutilização.

3.3 EXEMPLO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS BWMP

Apresenta-se um exemplo de uma fábrica de suco de limão na América do Sul, que é cliente do BID Invest e processa 230.000 toneladas de limões por ano, de março a agosto. Na ETE dessa fábrica, há três etapas distintas de operação. Primeiramente, ocorre um processo físico-químico utilizando filtros estáticos e um sistema FAD, sendo a cal utilizada para neutralizar o efluente. Em seguida, a corrente de água passa por um segundo estágio anaeróbio, onde os reatores UASB são alimentados com biogás para aquecimento. A terceira etapa consiste em uma fase aeróbica, composta por reatores de lodos ativados. O efluente tratado resultante é utilizado para irrigação nos campos de produção.

Esse arranjo na estação de tratamento de efluentes alcança eficazmente uma remoção de 98% DQO, 99% da DBO e 99,9% dos SST.

FIGURA 2 **Fluxograma de uma fábrica de suco de limão na América do Sul**



Fonte: Elaboração Prórpria

3.4 INDICADORES-CHAVE DE DESEMPENHO E MONITORAMENTO

Cada país possui regulamentos específicos para o tratamento e reutilização de águas residuais, estabelecendo padrões de qualidade da água aceitáveis para diferentes situações, como a descarga em corpos de água, áreas costeiras e sistemas de esgoto, além da reutilização de águas residuais tratadas. A Seção 2.2 do GBP contém uma comparação dos parâmetros de qualidade estabelecidos em diferentes países. Para uma visão abrangente do quadro legal de gerenciamento de águas residuais na região da América Latina e Caribe, o Anexo I apresenta o Tabela A-1.

As Diretrizes de EHS para o Processamento de Alimentos e Bebidas do Grupo Banco Mundial (WBG) estabelecem os limites máximos de descarga permitidos em corpos d'água para os parâmetros mencionados na Tabela 4 [14]. Esses limites devem ser atingíveis em situações normais de operação, em instalações devidamente projetadas e operadas, e podem servir como indicadores-chave de desempenho no tratamento de águas residuais. Projetos novos devem estar em conformidade com as Diretrizes de EHS do GBM ou com os regulamentos nacionais aplicáveis, seguindo o que for mais rigoroso, conforme descrito no Anexo I do GBP.

TABELA 4 **Limites admissíveis para descargas em massas de água [21]**

Poluente	Valor da diretriz
pH	6-9
DBO_5	50 mg/L
DQO	250 mg/L
N_{Total}	10 mg/L
P_{Total}	2 mg/L
Óleo e Graxa	10 mg/L
SST	50 mg/L
Aumento de temperatura	< 3 °C
Bactérias coliformes totais	400 NMP/100 mL

Para prevenir impactos ambientais e sociais, é crucial realizar monitoramentos regulares da qualidade dos efluentes e estabelecer mecanismos eficazes de feedback. Mais detalhes sobre a gestão apropriada de águas residuais no setor do agronegócio podem ser encontrados na Seção 6 do GBP. É fundamental desenvolver e implementar um programa de monitoramento de águas residuais e qualidade da água com recursos adequados e supervisão de gestão para alcançar os objetivos estabelecidos. A Tabela 9 do GBP fornece informações sobre os locais de amostragem e os requisitos analíticos para amostras de água de processo e águas residuais, juntamente com uma recomendação de frequência de amostragem. No entanto, é importante destacar que as regulamentações locais e outros requisitos relativos ao monitoramento de águas residuais e qualidade da água devem sempre ser priorizados e substituir quaisquer diretrizes ou recomendações gerais. Embora a frequência de amostragem sugerida possa servir como ponto de partida, é essencial entender e cumprir as regulamentações e requisitos locais estabelecidos pelas agências reguladoras.

O monitoramento regular do pH, concentração de oxigênio dissolvido, turbidez, temperatura, DQO, sólidos sedimentáveis e fluxo de água no efluente tratado é crucial no processo de tratamento de águas residuais da indústria de alimentos e bebida. A frequência da monitorização deve fornecer dados representativos e as informações registadas devem incluir a data, a hora, os resultados das medições, os ajustamentos efetuados e outros dados relevantes. É importante utilizar equipamentos calibrados e garantir que as medições sejam conduzidas por operadores devidamente treinados. Também é necessário disponibilizar um espaço de laboratório na estação de tratamento para essa finalidade. Além disso, é crucial estabelecer procedimentos de registro para documentar os resultados do monitoramento. Para análises microbianas e físico-químicas, é recomendável que laboratórios externos certificados, preferencialmente com certificação ISO 17025, forneçam registros de monitoramento, cuja frequência pode variar de acordo com os regulamentos regionais. A recomendação geral é realizar essas análises pelo menos trimestralmente.

4 Referências

(1) Futuris Consulting. Good Practice Note: Wastewater Management for the Agribusiness Sector, 2023.

(2) Valta, K.; Kosanovic, T.; Malamis, D.; Moustakas, K.; Loizidou, M. Overview of Water Usage and Wastewater Management in the Food and Beverage Industry. Desalination Water Treat. 2015, 53 (12), 3335–3347. https://doi.org/10.1080/19443994.2014.934100.

(3) Opertti, F.; Levington, C. Innovaciones Que Están Transformando El Sector de Alimentos y Bebidas. 2019. https://blogs.iadb.org/integracion-comercio/es/las-innovaciones-que-estan-transformando-el-sector-alimentos-y-bebidas/.

(4) Weber, O.; Saunders-Hogberg, G. Water Management and Corporate Social Performance in the Food and Beverage Industry. J. Clean. Prod. 2018, 195, 963–977. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.269.

(5) Shrivastava, V.; Ali, I.; Marjub, M. M.; Rene, E. R.; Soto, A. M. F. Wastewater in the Food Industry: Treatment Technologies and Reuse Potential. Chemosphere 2022, 293, 133553. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133553.

(6) Muhamad Ng, S. N.; Idrus, S.; Ahsan, A.; Tuan Mohd Marzuki, T. N.; Mahat, S. B. Treatment of Wastewater from a Food and Beverage Industry Using Conventional Wastewater Treatment Integrated with Membrane Bioreactor System: A Pilot-Scale Case Study. Membranes 2021, 11 (6), 456. https://doi.org/10.3390/membranes11060456.

(7) OCETA. A Review of Wastewater Management and Best Practices for Dischargers in the Food Processing Sector, 2005.

(8) Aivazidou, E.; Tsolakis, N.; Iakovou, E.; Vlachos, D. The Emerging Role of Water Footprint in Supply Chain Management: A Critical Literature Synthesis and a Hierarchical Decision-Making Framework. J. Clean. Prod. 2016, 137, 1018–1037. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.210.

(9) Schaefer, T.; Udenio, M.; Quinn, S.; Fransoo, J. C. Water Risk Assessment in Supply Chains. J. Clean. Prod. 2019, 208, 636–648. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.262.

(10) World Bank Group. Water in Agriculture. https://www.worldbank.org/en/topic/water-in-agriculture.

(11) Fito, J.; Tefera, N.; Van Hulle, S. W. H. Sugarcane Biorefineries Wastewater: Bioremediation Technologies for Environmental Sustainability. Chem. Biol. Technol. Agric. 2019, 6 (1), 6. https://doi.org/10.1186/s40538-019-0144-5.

(12) Simate, G. S.; Cluett, J.; Iyuke, S. E.; Musapatika, E. T.; Ndlovu, S.; Walubita, L. F.; Alvarez, A. E. The Treatment of Brewery Wastewater for Reuse: State of the Art. Desalination 2011, 273 (2–3), 235–247. https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.02.035.

(13) Dhote, L.; Kumar, S.; Singh, L.; Kumar, R. A Systematic Review on Options for Sustainable Treatment and Resource Recovery of Distillery Sludge. Chemosphere 2021, 263, 128225. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128225.

(14) World Bank. Pollution Prevention and Abatement Handbook, 1998: Toward Cleaner Production; The World Bank, 1999. https://doi.org/10.1596/0-8213-3638-X.

(15) - Microbial Treatment of Heavy Metals, Oil, and Radioactive Contamination in Wastewaters. In Wastewater Treatment; Rao, D. G., Senthilkumar, R., Byrne, J. A., Feroz, S., Eds.; CRC Press, 2012; pp 200–225. https://doi.org/10.1201/b12172-11.

(16) Khani, M. R.; Kuhestani, H.; Kalankesh, L. R.; Kamarehei, B.; Rodríguez-Couto, S.; Baneshi, M. M.; Shahamat, Y. D. Rapid and High Purification of Olive Mill Wastewater (OMV) with the Combination Electrocoagulation-Catalytic Sonoproxone Processes. J. Taiwan Inst. Chem. Eng. 2019, 97, 47–53. https://doi.org/10.1016/j.jtice.2019.02.003.

(17) Ochando-Pulido, J. M.; Martinez-Ferez, A. Novel Micro/Ultra/Nanocentrifugation Membrane Process Assessment for Revalorization and Reclamation of Agricultural Wastewater. J. Environ. Manage. 2018, 222, 447–453. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.05.092.

(18) Tiwari, A.; Sahu, O. Treatment of Food-Agro (Sugar) Industry Wastewater with Copper Metal and Salt: Chemical Oxidation and Electro-Oxidation Combined Study in Batch Mode. Water Resour. Ind. 2017, 17, 19–25. https://doi.org/10.1016/j.wri.2016.12.001.

(19) Firdous, S.; Jin, W.; Shahid, N.; Bhatti, Z. A.; Iqbal, A.; Abbasi, U.; Mahmood, Q.; Ali, A. The Performance of Microbial Fuel Cells Treating Vegetable Oil Industrial Wastewater. Environ. Technol. Innov. 2018, 10, 143–151. https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.02.006.

(20) World Bank Group. Environmental, Health, and Safety Guidelines for Food and Beverage Processing, 2007.

(21) World Bank Group. Environmental, Health, and Safety Guidelines for Aquaculture, 2007.

BID | Invest

@idbinvest
www.idbinvest.org