CARTILHA PARA INDÚSTRIA

PROCESSAMENTO DE LATICÍNIO

GESTÃO CORRETA DE EFLUENTES NO SETOR DO AGRONEGÓCIO

Futuris SUSTAINABILITY ADVISORS

BID | Invest

Título & Referência	**Cartilha da Indústria - Processamento de Carnes**	**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 Este Guia 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***

Siglas

ALC	América Latina e no Caribe
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
BWMP	Melhores Práticas de Gestão de Efluentes
CIP	Limpeza no Local
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 Boas Práticas
ISO	Organização Internacional de Normalização
NMP	Número mais Provável
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
PE	Poluentes emergentes
UASB	Manta de lodo Anaeróbio de Fluxo Ascendente
UV	Ultravioleta
WBG	Grupo Banco Mundial

1 Introdução

1.1 ESTA CARTILHA DO SETOR E O GUIA DE BOAS PRÁTICAS

Esta cartilha do setor foi desenvolvida com o propósito de complementar o Guia de Boas Práticas (GBP) de Gestão de Efluentes no âmbito do Agronegócio1. Nas seções a seguir, é feita referência ao GBP para evitar repetição, sempre que as informações contidas nesse documento complementarem o que é apresentado nesta cartilha da indústria.

Neste guia, é oferecida uma visão compreensiva das melhores práticas de gestão de águas residuais (BWMP, na sigla em inglês) visando a mitigação dos impactos ambientais do processamento de laticínios. Isso auxilia empresas na América Latina e no Caribe (ALC) a reduzir seu impacto no meio ambiente, a cumprir regulamentações pertinentes, a promover práticas sustentáveis que protegem a saúde pública e a diminuir custos operacionais. A seção 2 descreve as características do setor, enquanto a seção 3 aborda 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 (KPIs) estão relacionadas aos regulamentos específicos de cada país, e podem ser encontradas na Seção 2 e no Anexo I do GBP. Caso deseje obter mais informações sobre exemplos de prevenção da poluição, consulte a Seção 4 do GBP, e para informações relacionadas ao tratamento de águas residuais, consulte a Seção 5 do GBP. Para detalhes mais específicos sobre o monitoramento, acesse a Seção 6 do GBP.

1.2 FONTES DE INFORMAÇÃO

Esta cartilha sobre o tratamento de resíduos do processamento de laticínios foi elaborada com base em diversas 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 Laticínios”, 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

As instalações de laticínios realizam o processamento do leite cru para produzir diversos produtos, como leite de consumo, manteiga, queijo, iogurte, leite condensado, leite em pó e sorvete, usando técnicas de refrigeração, pasteurização e homogeneização. Durante esse processo, são gerados resíduos, incluindo soro de leite e subprodutos similares. Esses resíduos surgem do vazamento de leite, do gotejamento, do descarte de soro de leite e da água usada na limpeza de tanques, equipamentos, pisos, utensílios e garrafas. A geração desses resíduos é geralmente intermitente, e a natureza e a composição dos resíduos dependem dos tipos de produtos fabricados e do tamanho das instalações. Normalmente, as águas residuais contêm diversos poluentes, como matéria orgânica e inorgânica, óleos e gorduras, nutrientes e patógenos.

O mercado de laticínios na ALC está em crescimento notável, principalmente devido à expansão dos canais de distribuição de produtos lácteos. O aumento de supermercados e hipermercados na região está apoiando esse crescimento, e esse fenômeno se beneficia do processo rápido de urbanização. Países-chave na região, como Brasil, Argentina e Colômbia, desempenham um papel crucial na indústria de laticínios, comprovando sua habilidade na produção de leite. A produção de leite está prevista para expandir em países como Argentina, Colômbia, Chile e Uruguai2, o que aponta para um aumento nas exportações de produtos lácteos e representa uma tendência importante impulsionando o crescimento geral da indústria de laticínios na ALC.

2.2 USO DA ÁGUA NO PROCESSO INDUSTRIAL

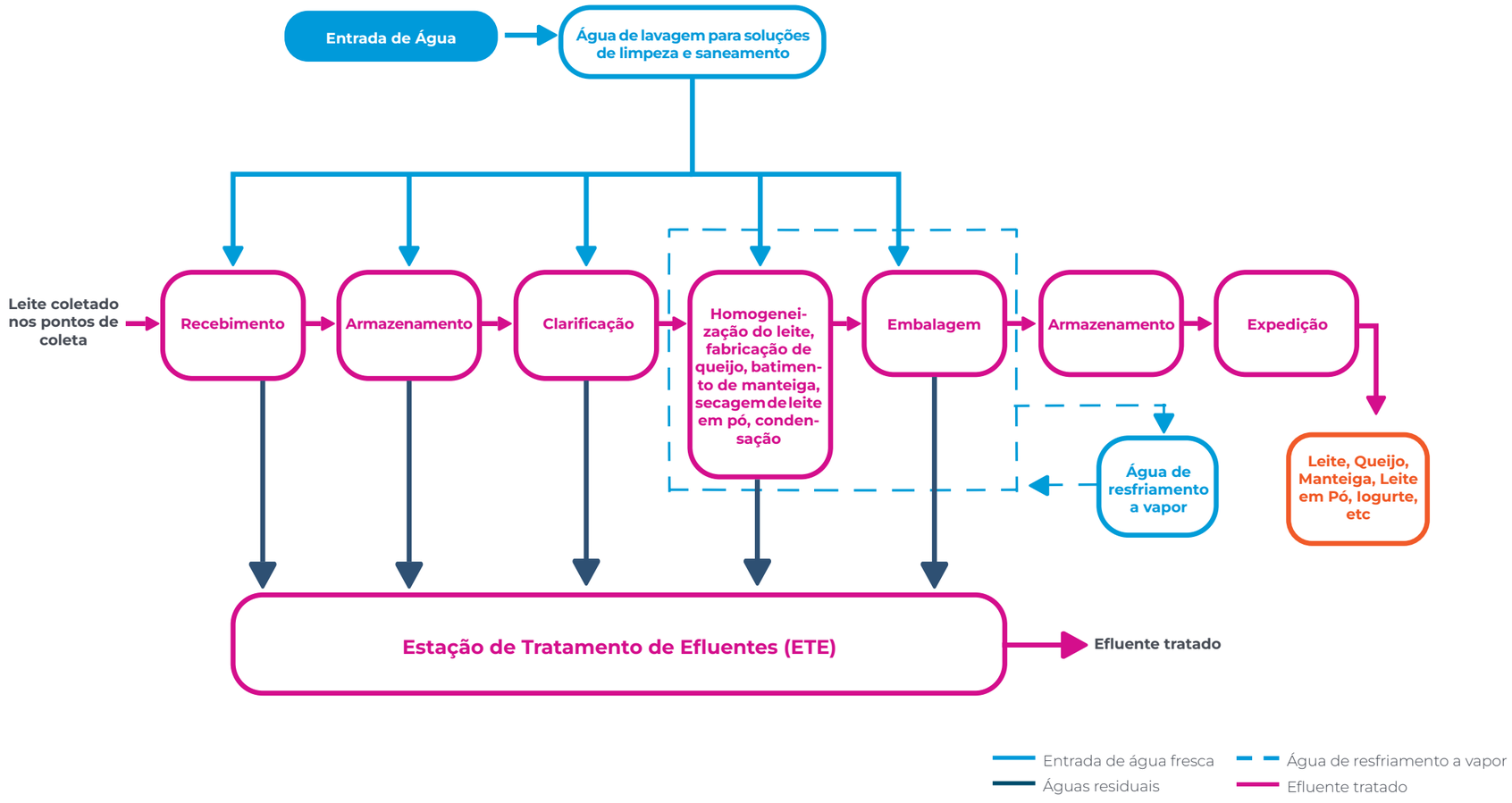
O uso de água na indústria de laticínios pode ser visto na Figura 1. A água desempenha um papel fundamental em todas as etapas do processamento, abrangendo desde a limpeza e higienização até o aquecimento e resfriamento, e é um componente de vários produtos lácteos. Em média, a maioria das fábricas de laticínios utiliza de 1 a 10 m^3 de água para cada metro cúbico de leite processado. Esses valores variam de acordo com o país e os produtos lácteos específicos produzidos. Enquanto a produção de leite em pó requer a menor quantidade de água, com uma média de apenas 1.5 a 1.7 litros de água por litro de leite, a fabricação de sorvete é a maior consumidora de água, com valores variando de 6.5 a 10.3 litros de água por quilograma de produto[3].

A água usada na produção de produtos lácteos deve cumprir, no mínimo, os padrões de qualidade estabelecidos para a água potável4. Portanto, essa água deve atender ou superar os critérios nacionais de qualidade, quando aplicáveis, ou, na ausência destes, seguir as diretrizes mais recentes da Organização Mundial da Saúde (OMS) para a Qualidade da Água Potável. Dependendo da origem e qualidade da água, bem como das necessidades técnicas específicas, podem ser necessários ajustes para

atender aos parâmetros regulamentados. Isso pode incluir a remoção de cor, o amolecimento da água, a adição de cloro para reduzir a presença de micro-organismos potencialmente prejudiciais ou o uso de radiação UV para desinfetar a água antes de ser usada como ingrediente 5.

Para promover práticas de gestão de águas residuais sustentáveis e cumprir as regulamentações necessárias, é essencial compreender como a água é usada no processamento de laticínios. Como explicado na Seção 2.2, a eficiência e a complexidade dos sistemas de limpeza no local (CIP, na sigla em inglês) desempenham um papel fundamental na redução do consumo de água no processo de laticínios.

FIGURA 1 Fluxograma de consumo de água em uma indústria de laticínios em geralT



Fonte: Elaboração própria

2.3 REVISÃO GERAL DA PRODUÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS

2.3.1 POLUENTES PRIMÁRIOS E SUAS FONTES

Estima-se que a quantidade de águas residuais seja cerca de 1.5 a 2.5 vezes maior em volume do que o leite processado. No entanto, a quantidade e as características dessas águas residuais variam significativamente de acordo com o tamanho da instalação, a tecnologia usada, a eficiência e complexidade dos métodos de CIP e as melhores práticas de gestão (BMP, na sigla em inglês). Essas águas residuais contêm níveis consideráveis de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), partículas tanto inorgânicas quanto orgânicas, como carboidratos, proteínas, gordura ou óleo (FOGs, na sigla em inglês), e também nutrientes como Nitrogênio Total (N), Fósforo Total (P) e Potássio (K) 6. Além disso, podem conter carga microbiológica, vírus patogênicos e bactérias.

Além disso, os efluentes gerados pela indústria de laticínios são uma fonte significativa de poluentes emergentes (PE), incluindo compostos com hormônios estrogênicos que são liberados no meio ambiente durante as descargas industriais7. Para obter informações mais detalhadas sobre a qualidade dessas águas residuais, consulte a Seção 1.4.

Esses poluentes têm várias origens, incluindo perdas de leite e seus derivados durante as etapas tecnológicas, como leite derramado, leite estragado, leite desnatado e pedaços de coalhada, culturas iniciadoras usadas na fabricação de produtos lácteos, subprodutos das operações de processamento, como soro de leite, leite e permeado de soro de leite, e reagentes químicos usados nos procedimentos de CIP e para atender a requisitos de higiene. O soro de leite é o principal poluente nas águas residuais do processamento de laticínios devido ao seu alto teor orgânico 8. Além disso, outros poluentes podem originar-se de aditivos usados durante a fabricação, como o processo de salga na produção de queijo, que pode resultar em níveis elevados de salinidade nas águas residuais.

Os sólidos sedimentáveis encontrados nas águas residuais da indústria de laticínios têm o potencial de obstruir os encanamentos de esgoto, tornando essencial evitar a descarga desses resíduos pelo ralo. Esses sólidos geralmente têm origem proteica, incluindo partículas provenientes do processamento do leite, como pedaços de queijo, leite coalhado, resíduos de coalhada, películas de leite ou ingredientes aromatizantes. Ainda mais, outras impurezas, como sujeira e areia, podem entrar na rede de esgoto durante a limpeza ou a embalagem de equipamentos[8].

2.3.2 PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS

O lançamento não tratado dos resíduos do processamento de laticínios tem um impacto sério no meio ambiente. Isso acontece porque grandes volumes de águas residuais com alta carga orgânica e de nutrientes são liberados, juntamente com flutuações no pH. Esses efluentes não tratados podem levar a problemas de poluição, incluindo uma rápida diminuição do nível de oxigênio dissolvido (OD), criando condições anaeróbicas.

Além disso, eles liberam substâncias tóxicas voláteis, como ácido acético (C2H4O2) e ácido propiônico ($C_3H_6O_2$), bem como gases como metano (CH4) e sulfeto de hidrogênio (H2S) [8].

O despejo de matéria orgânica nas águas desencadeia o crescimento de algas e bactérias, que consomem o oxigênio disponível nos corpos d'água. Esse processo pode levar à diminuição do nível de oxigênio, e no declínio gradual da população de peixes. Além disso, as águas residuais provenientes do processamento de laticínios contêm bactérias e outros patógenos que tem potencial de propagar doenças prejudiciais. Os resíduos de leite contêm quantidades significativas de substâncias orgânicas solúveis e partículas em suspensão, as quais podem liberar gases, gerar odores desagradáveis e tornar as águas residuais turvas e com coloração.[7].

2.4 DESCRIÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS RESIDUAIS BRUTAS

Devido à necessidade de ter linhas de processamento distintas para cada produto lácteo, a composição das águas residuais do processamento de leite pode variar consideravelmente, resultando em uma grande diversidade de componentes complexos. Vários fatores afetam a concentração e a composição dos poluentes nas águas residuais brutas, incluindo o tipo de produto, o plano de produção, os procedimentos operacionais, o projeto da planta de processamento e o nível de gerenciamento da água utilizado, incluindo a quantidade de água economizada. A Tabela 1. apresenta intervalos típicos de parâmetros de qualidade encontrados nas águas residuais da indústria de laticínios.

TABELA 1 Faixas de parâmetros de qualidade para processamento de laticínios de águas residuais brutas[9].

Parâmetros	Fábricas de processamento de queijo	Fábricas de processamento de leite/leite em pó	Fábricas de processamento de soro de leite
DQO (mg/L)	5,000-60,000	2,000-6,000	68,800
DBO (mg/L)	2,300-30,000	1,200-4,000	35,000
SST (mg/L)	2,000-12,000	350-1,000	1,300
N total (mg/L)	100-170	100-170	1,400
P total (mg/L)	40-100	50-60	370-640
pH	3.5-5.5	8-11	4.6
FOGs (mg/L)	0.5-2.3	3-5	0.8

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

3.1 PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO BWMP

É fundamental aumentar o uso de tecnologias, como a recirculação de água, juntamente com práticas de prevenção da poluição, para promover a sustentabilidade na indústria de laticínios. Ficar informado sobre os avanços tecnológicos e as descobertas científicas é crucial para atingir esse objetivo. Para uma gestão eficaz das águas residuais, as fábricas de laticínios devem implementar BWMP com foco na prevenção da poluição, a fim de evitar que os poluentes cheguem às estações de tratamento. Mais informações sobre prevenção da poluição podem ser encontradas na seção 4 do GBP. Os exemplos apresentados a Tabela 2 podem servir como estímulos para a prevenção da poluição no local de processamento de laticínios.

TABELA 2 Técnicas de gestão para prevenção da poluição de águas residuais no processamento de laticínios

Técnicas de Gestão para Prevenção da Poluição	Descrição dos controles
A reutilização da água não interage diretamente com produtos derivados, incluindo água quente, produção de vapor, atividades de limpeza e limpeza de membranas [8].	• Realize monitoramento de parâmetros de qualidade da água, como pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos e contagens microbianas pelo menos trimestralmente para garantir a segurança da água reutilizada, assegurando a conformidade com regulamentações nacionais. • Em áreas onde a presença de sólidos em suspensão possa causar incrustação e corrosão em equipamentos, implemente a filtração, sedimentação ou tratamento químico antes de reutilizar a água quente ou para a produção de vapor. • Integre o reuso de água nos controles gerais dos processos na planta de processamento de laticínios. • Mantenha o armazenamento e distribuição da água reutilizada separados das outras fontes de água.
Prevenir o vazamento de leite nas tubulações e o derramamento de produtos [10].	• Realizar manutenção semestral em conexões, válvulas e vedações. • Instalar economizadores de gotejamento e dispositivos para evitar derramamentos nos enchimentos. • Utilizar vedações apropriadas em bombas e conexões de tubulação.
Impedir a eliminação de resíduos sólidos pelo ralo, incluindo partículas de leite sólido e outras impurezas mencionadas na seção 4.3. do GBP [10].	• Disponibilizar caixas de recolha de resíduos sólidos ou contentores e assegurar que os funcionários compreendem quais materiais devem ser colocados nestes recipientes. • Instalar dispositivos como peneiras, filtros e armadilhas na instalação de processamento. • Realizar manutenção e limpeza diárias destes equipamentos para evitar a entrada de materiais sólidos no sistema de drenagem. • Efetuar verificações diárias para assegurar que os resíduos sólidos não estão a entrar no sistema de tratamento de efluentes.
Diminuir a quantidade de poluentes na entrada do sistema de tratamento de águas residuais [9].	• Permita que tubulações, tanques e caminhões-tanque escoem completamente antes de usar água para enxágue. • Utilize produtos de limpeza aprovados ou detergentes com ingredientes menos prejudiciais. • Realize limpezas regulares para prevenir a acumulação de depósitos de proteína e gordura no interior dos tubos, sendo as preparações químicas ou bacterianas apropriadas para essa finalidade. O uso de bactérias oferece a vantagem de continuar agindo nas etapas subsequentes do tratamento de efluentes.

3.2 TRATAMENTO DE EFLUENTES BWMP

No processamento de laticínios, são empregadas várias práticas de gerenciamento de águas residuais, que incluem tratamento preliminar, tratamento primário (físico-químico), tratamento secundário e métodos para lidar com o lodo. Além disso, estão surgindo tecnologias avançadas para o tratamento de águas residuais da indústria de laticínios, como processos de oxidação eletroquímica e tecnologias de membrana. A Tabela 3 apresenta exemplos dessas tecnologias.

TRATAMENTO PRELIMINAR

Compreende a remoção de sólidos maiores, óleos e gorduras presentes nas águas residuais, bem como a regularização das variações no volume e na massa do fluxo. Isso ajuda a reduzir a concentração de sólidos suspensos. As tecnologias comuns para essa etapa incluem o uso de clarificadores, peneiras, tanques de sedimentação e flotação por ar dissolvido. Além disso, equipamentos como caixas de gordura, escumadeiras ou separadores de água e óleo são utilizados para separar sólidos flutuantes.

TRATAMENTO PRIMÁRIO OU TRATAMENTOS FÍSICOS E QUÍMICOS

Os tratamentos primários têm a função de eliminar sólidos em suspensão, nutrientes e patógenos que o tratamento biológico pode não ser capaz de remover de forma eficaz. As tecnologias comuns de tratamento físico e químico nessa etapa englobam processos como coagulação, floculação, sedimentação e desinfecção. Esses métodos são eficazes na remoção de compostos emulsionados, diminuindo a quantidade de gordura do leite e coloides de proteína. No entanto, é importante observar que o uso de reagentes químicos adicionais pode aumentar os custos do tratamento de água. A flotação por ar dissolvido (FAD) é um método de tratamento eficaz, pois reduz a carga orgânica por meio da desestabilização de coloides de proteína e gordura com o uso de coagulantes e floculantes. No entanto, é relevante destacar que esse método requer o uso de produtos químicos sintéticos e dispendiosos, que podem resultar em problemas ambientais, como a liberação de substâncias químicas prejudiciais no ambiente, poluição de corpos d'água e riscos potenciais para a vida aquática 8.

TRATAMENTO SECUNDÁRIO

Devido à sua confiabilidade e eficácia na decomposição de poluentes altamente biodegradáveis, os reatores anaeróbios e aeróbios são a escolha preferida. Nesses métodos de tratamento, microrganismos são utilizados para eliminar matéria orgânica, nutrientes e patógenos presentes nas águas residuais. Tecnologias comuns de tratamento biológico incluem sistemas de lodo ativado, filtros de gotejamento e lagoas. É fundamental considerar que os ácidos graxos provenientes da gordura do leite nas águas residuais podem ter um efeito inibitório durante o tratamento anaeróbio, principalmente devido à diminuição do pH. Os processos aeróbios requerem uma quantidade significativa de energia e geralmente são combinados com processos anaeróbios para atender aos padrões de descarga. O reator anaeróbio de manta de lodo (UASB, na sigla em inglês) é uma configuração comum e adequada devido à sua capacidade de tratar grandes volumes de forma relativamente rápida. Além disso, filtros anaeróbios são frequentemente utilizados na fase anaeróbia 11. Em relação aos processos aeróbios, os reatores em batelada sequencial e os reatores de bioleito móveis são opções padrão devido à sua flexibilidade e capacidade de lidar com diferentes tipos de efluentes 8. Em uma etapa do processo de digestão anaeróbia, a matéria orgânica é degradada por microrganismos sem a presença de oxigênio, resultando na produção de biogás, uma mistura de dióxido de carbono e metano, e na formação de biomassa. Essa biomassa é uma fonte valiosa e renovável de energia, que pode ser utilizada para aquecimento e geração de eletricidade.

GESTÃO DE LODO

Durante o tratamento primário e o tratamento secundário das águas residuais da indústria de laticínios, grandes quantidades de lodo são geradas. Esses poluentes podem incluir compostos potencialmente prejudiciais, como antibióticos, metais pesados, pesticidas ou microplásticos, que podem entrar na cadeia de processamento de leite de várias maneiras e se acumular no lodo. É necessário avaliar o lodo caso a caso para determinar se ele é considerado um resíduo perigoso, sujeito à eliminação de acordo com os regulamentos locais, ou um resíduo não perigoso que pode ser utilizado como fertilizante em aplicações terrestres 12. Tecnologias comuns para gerenciar o lodo incluem processos de desidratação e digestão anaeróbia, que também podem gerar biogás.

TABLA 3 Tecnologias comuns de tratamento utilizadas para o tratamento de águas residuais de lacticínios

Indústria	Tratamento preliminar	Tratamiento primario	Tratamiento secundario	Tratamiento terciario	Tratamiento de lodos	Tecnologías emergentes
Processa-mento de laticínios	Equalização de vazão, peneiras, filtros mecânicos, caixas de gordura, skimmers ou separadores de água de óleo.	Coagulação e floculação, 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, ozônio, UV (se houver patógenos)	O lodo gerado no processo de tratamento primário e secundário deve passar por um processo de desidratação antes de ser descartado. Isso pode ser feito através do uso de leitos de secagem de lodo, centrífugas ou decantadores. Além disso, é recomendado um processo adicional de secagem para transformar o lodo em biossólidos, que podem ser reutilizados.	Tecnologias eletroquímicas microbianas (METs) [7] Eletrocoagulação (EC) e processo de oxidação eletroquímica avançada[13] As tecnologias de membrana incluem microfiltração, nano filtração, ultrafiltração, osmose reversa e eletrodiálise [7].

3.3 EXEMPLO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS BWMP

Um exemplo de uma estação de tratamento de águas residuais que estava operando acima dos níveis de descarga permitidos em uma fábrica de queijos no México, conforme apresentado por Hung & Britz (2006).

A ETE estava operando acima dos limites permitidos para a descarga de efluentes, o que levou à necessidade de uma atualização. A fábrica procurava um sistema de tratamento mais eficiente que pudesse aproveitar as instalações já existentes para reduzir os custos de investimento inicial e manter baixos os custos operacionais. fábrica gerava, em média, um volume de efluentes de 500 metros cúbicos por dia, com concentrações médias (em miligramas por litro) de 4,430 de DQO, 3,000 de DBO, 1,110 de SST e 754 de FOG. Após a atualização, o processo de tratamento de efluentes modificado resultou em uma eficiência geral de remoção de 98% de DBO, 96% de DQO, 98% de SST e 99,8% de FOG.

FIGURA 2 Fluxograma do processo final em uma queijaria mexicana [9].

Fluente: Elaboración propia, basado en Hung & Britz (2006)

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 ALC, o Anexo I apresenta o Tabela A-1.

As Diretrizes de Saúde, Segurança e Meio Ambiente (EHS, na sigla em inglês) para o Processamento de Laticínios do Grupo Banco Mundial (WBG, na sigla em inglês) 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 WBG 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 [15]

Poluente	Valor da diretriz
pH	6-9
DOB_5	50 mg/L
DQO	250 mg/L
N_{Total}	10 mg/L
P_{Total}	2 mg/L
FOG	10 mg/L
TSS	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.

É fundamental realizar monitoramentos periódicos do pH, concentração de oxigênio dissolvido, turbidez, temperatura, DQO, sólidos sedimentáveis e fluxo de água no efluente tratado da indústria de alimentos e bebidas. A frequência das verificações deve garantir a obtenção de dados que reflitam com precisão a situação, e os registros devem incluir a data, hora, resultados das medições, quaisquer ajustes feitos 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) EMR. Latin America Dairy Market Outlook. https://www.expertmarketresearch.com/reports/LATAM-dairy-market.

(3) - 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.

(4) Boguniewicz-Zablocka, J.; Klosok-Bazan, I.; Naddeo, V. Water Quality and Resource Management in the Dairy Industry. Environ. Sci. Pollut. Res. 2019, 26 (2), 1208–1216. https://doi.org/10.1007/s11356-017-0608-8.

(5) Fleiflec, A.; Saavedra, O.; Yoshimura, C.; Elzeir, M.; Tawfik, A. Optimization of Integrated Water Quality Management for Agricultural Efficiency and Environmental Conservation. Environ Sci Pollut Res. 2014, pp 8095–8111.

(6) Qasim, W.; Mane, A. V. Characterization and Treatment of Selected Food Industrial Effluents by Coagulation and Adsorption Techniques. Water Resour. Ind. 2013, 4, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.wri.2013.09.005.

(7) Ganta, A.; Bashir, Y.; Das, S. Dairy Wastewater as a Potential Feedstock for Valuable Production with Concurrent Wastewater Treatment through Microbial Electrochemical Technologies. Energies 2022, 15 (23), 9084. https://doi.org/10.3390/en15239084.

(8) Kolev Slavov, A. Dairy Wastewaters – General Characteristics and Treatment Possibilities – A Review. Food Technol. Biotechnol. 2017, 55 (1). https://doi.org/10.17113/ftb.55.01.17.4520.

(9) Hung, Y.-T.; Britz, T. J. Treatment of Dairy Processing Wastewaters. 2006.

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

(11) Hassan, A. N.; Nelson, B. K. Invited Review: Anaerobic Fermentation of Dairy Food Wastewater. J. Dairy Sci. 2012, 95 (11), 6188–6203. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5732.

(12) Shi, W.; Healy, M. G.; Ashekuzzaman, S. M.; Daly, K.; Leahy, J. J.; Fenton, O. Dairy Processing Sludge and Co-Products: A Review of Present and Future Re-Use Pathways in Agriculture. J. Clean. Prod. 2021, 314, 128035.

(13) Tirado, L.; Gökkuş, Ö.; Brillas, E.; Sirés, I. Treatment of Cheese Whey Wastewater by Combined Electrochemical Processes. J. Appl. Electrochem. 2018, 48 (12), 1307–1319. https://doi.org/10.1007/s10800-018-1218-y.

(14) World Bank Group. Environmental, Health, and Safety Guidelines for Dairy Processing, 2007.

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

BID | Invest

@idbinvest
www.idbinvest.org