



Contribuições para a Taxonomia Sustentável Brasileira

CNAE E - Sugestões de Tecnologias de Descontaminação de Efluentes Industriais a serem incluídas

Para esse mapeamento, foi usado como referência o [Industrial Wastewater Treatment Technology Database \(IWTT\)](#), desenvolvido pela [Environmental Protection Agency \(EPA\)](#) dos Estados Unidos. Esse banco de dados reúne informações sobre o desempenho de tecnologias de tratamento de efluentes industriais, a partir de artigos científicos, relatórios governamentais e publicações técnicas do setor. A escolha do IWTT como referência busca garantir que os critérios da TSB para a gestão e descontaminação de efluentes industriais sejam baseados em evidências científicas e nas melhores práticas internacionais, promovendo:

- adoção de tecnologias (biológicas, físicas, físico-químicas) eficientes e inovadoras para redução e eliminação de poluentes;
- alinhamento regulatório com normas nacionais e internacionais de qualidade da água;
- fomento à pesquisa e desenvolvimento para aprimoramento contínuo das soluções de tratamento industrial;
- transparência e confiabilidade dos dados para embasar processos de tomada de decisão e incentivos a investimentos sustentáveis.

Os grandes benefícios da descontaminação de efluentes são a conservação de recursos hídricos, o que simultaneamente permite contribuir com o objetivo de Adaptação à Mudança do Clima, já que a principal consequência das mudanças climáticas é a escassez hídrica.

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Adsorção por Carvão Ativado Granular	GAC	N/A	É um processo de remoção de contaminantes solúveis presente em águas residuais e potáveis, baseado na fixação dessas substâncias à superfície altamente porosa do carvão ativado. Essa tecnologia combina mecanismos físicos e químicos para adsorver compostos orgânicos, metais específicos e substâncias responsáveis por gosto e odor (USEPA, 2011).
Aeração	AIR	Canal de Aeração, Célula de Polimento Aeróbico.	Um canal de aeração ou célula de polimento aeróbico é um sistema que promove o contato entre o esgoto e o oxigênio (proveniente do ar ou de oxigênio puro) com o objetivo de aumentar o nível de oxigênio dissolvido (DO) no efluente. Essa tecnologia é especialmente utilizada no tratamento de efluentes ricos em sólidos suspensos, como os gerados por indústrias de processamento de carne, para facilitar a degradação de compostos orgânicos e melhorar a sedimentação dos sólidos. Estudos recentes, como o de Jachimowicz et al. (2020) , demonstram que sistemas de aeração constante favorecem a formação de grânulos aeróbicos, aumentando a eficiência do tratamento e a estabilidade microbiológica do processo
Bioaumento	AUG	N/A	Trata-se da adição de cepas microbianas especializadas em um biorreator, com o objetivo de melhorar a capacidade da comunidade microbiana de se adaptar às condições operacionais e/ou degradar compostos específicos presentes no efluente. Esta tecnologia é amplamente utilizada para acelerar processos de biodegradação, principalmente em casos onde os microrganismos naturais não possuem eficiência suficiente para tratar determinados contaminantes (USEPA, 2011).
Biorreator de membrana anaeróbica	AnMBR	N/A	Combinação de tratamento biológico de crescimento suspenso operando em condições de baixo ou nenhum oxigênio dissolvido, aliado à ultrafiltração para a remoção de sólidos e nutrientes, proporcionando alta eficiência no tratamento de águas residuárias (OLIVEIRA NETTO, 2011).
Carvão Ativado em Pó	PAC	N/A	É um adsorvente de alta eficiência utilizado para a remoção de contaminantes orgânicos, metais específicos e substâncias responsáveis por gosto e odor em águas residuais e potáveis. Possui os mesmos mecanismos de adsorção do Carvão Ativado Granular (GAC), porém suas partículas são mais finas ($\leq 1,0$ mm de diâmetro), proporcionando uma maior área de contato e uma adsorção mais rápida (USEPA, 2011).

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Cavitação Hidrodinâmica Controlada	CHC	Dispositivos de energia mecânica	É uma tecnologia que utiliza dispositivos de energia mecânica para prevenir a formação de biofilmes, incrustações e corrosão em sistemas aquáticos. O processo baseia-se na criação e implosão controlada de cavidades (bolhas) em líquidos, gerando temperaturas elevadas e forças físicas intensas. Esses efeitos promovem reações químicas, oxidam compostos orgânicos, eliminam patógenos e melhoram a eficiência geral do sistema. Esta tecnologia é amplamente utilizada em tratamentos de água e efluentes, sendo uma solução eficaz e sustentável para controlar contaminantes microbiológicos e químicos (USEPA, 2011).
Clarificação	CLAR	Decantação ou sedimentação	A clarificação é o processo de separação de partículas suspensas da água por meio da sedimentação gravitacional. Este método é amplamente utilizado em sistemas de tratamento de águas residuais para reduzir sólidos suspensos, facilitando a remoção de contaminantes em etapas subsequentes do tratamento. Os termos decantação e sedimentação são frequentemente utilizados para descrever esse processo (USEPA, 2011).
Clarificação com Agente Lastro.	BCLAR	BioMag, CoMag, Enhanced Settling, High Rate Settling, Actiflo	O processo melhora as taxas de sedimentação gravitacional pela adição de um agente de peso ao clarificador, geralmente magnetita ou areia, que atua aumentando a eficiência na separação de sólidos suspensos da água residual (USEPA, 2011).
Cloração Alcalina	AC	N/A	Processo utilizado para oxidar cianetos em águas residuais, transformando-os em compostos menos tóxicos, como cianatos e, posteriormente, dióxido de carbono e nitrogênio. A reação ocorre em condições alcalinas, utilizando hipoclorito de sódio (NaOCl) ou cloro gasoso (Cl ₂) com hidróxido de sódio (NaOH). É amplamente empregado no tratamento de efluentes industriais, como destacado por Ebbs (2004) .
Crescimento Suspenso Aeróbico	ASG	Lodo Ativado, Lagoa Aeróbica	Os compostos orgânicos biodegradáveis presentes nas águas residuais são degradados por microrganismos que permanecem suspensos no efluente, formando um lodo que é posteriormente separado da água durante o processo de clarificação. Esse sistema opera sob condições aeradas, como descrito por Metcalf & Eddy (2003) , que destaca a eficiência do tratamento biológico aeróbico em sistemas de lodo ativado.

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Crescimento Suspenso Anaeróbio	ANSG	Lagoa Anaeróbica	Refere-se a um processo no qual microrganismos consomem compostos orgânicos biodegradáveis em águas residuais. Esses microrganismos permanecem suspensos no meio líquido, formando um lodo que é posteriormente separado da água tratada (USEPA, 2011).
Cristalização	CYS	Cristalização por leito fluidizado	A cristalização é um processo utilizado no tratamento de águas residuais e produzidas para separar sólidos dissolvidos, como sais inorgânicos, através da formação de cristais. Esse método ajusta condições como temperatura e pressão para promover a nucleação e o crescimento dos cristais, que são removidos do líquido residual. Além de reduzir contaminantes, permite a recuperação de compostos valiosos, sendo essencial para a gestão sustentável de resíduos, especialmente no setor de petróleo e gás (Cooper et al., 2022).
Decloração	DCL	N/A	A decloração é um processo químico utilizado para remover cloro residual de águas residuais desinfetadas antes de sua descarga no meio ambiente. Este procedimento é frequentemente realizado com o uso de dióxido de enxofre, que neutraliza o cloro residual de maneira eficiente, minimizando os impactos ambientais e protegendo a vida aquática. Conforme Ryoo et al. (2007) , a decloração é distinta da degradação de compostos orgânicos clorados, que requerem métodos específicos para sua eliminação, como o uso de processos químicos ou catalíticos específicos.
Deposição em Superfície	SI	N/A	É uma técnica de armazenamento e tratamento de resíduos líquidos e sólidos sedimentáveis em uma depressão natural ou construída (geralmente barragens ou lagoas artificiais) composta predominantemente de materiais terrosos. Esse método é utilizado para permitir a volatilização de compostos voláteis e a sedimentação de partículas suspensas, promovendo a separação e a estabilização de contaminantes presentes no efluente (USEPA, 2011).
Desgaseificação	DGS	Desgaseificação por membrana, Desgaseificação por arraste forçado	A desgaseificação é o processo de remoção de gases dissolvidos na água, utilizando métodos como redução de pressão, desgaseificação por membranas ou outras abordagens específicas. Este processo também pode incluir o aquecimento da água para remover gases dissolvidos. Contudo, se o aquecimento for usado para vaporizar a água, o procedimento é classificado como evaporação (EVAP). Métodos comuns incluem a desgaseificação por arraste forçado ou o uso de membranas especializadas para capturar gases como oxigênio e dióxido de carbono (USEPA, 2011).

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Desinfecção Química	CD	radicais hidroxila, oxigênio, peróxido de hidrogênio, compostos de cloro e halogênios.	A desinfecção química é o processo de utilização de substâncias químicas para eliminar patógenos presentes em águas residuais, tornando-as seguras para descarte ou reutilização. Os agentes químicos comumente utilizados incluem radicais hidroxila, oxigênio, peróxido de hidrogênio, compostos de cloro e halogênios. Esses compostos atuam por meio da oxidação de microrganismos e outros contaminantes. Quando o foco está na oxidação de poluentes, a designação apropriada é oxidação química (CO).
Dessalinização Capacitiva	DEI	Eletro-sorção.	A Dessalinização Capacitiva utiliza um mecanismo eletroquímico conhecido como eletro-sorção para remover íons dissolvidos da água. Nesse processo, os íons carregados presentes na solução são atraídos e retidos em eletrodos polarizados, geralmente compostos por materiais de alta condutividade e ampla área superficial, como o carbono ativado. Esta tecnologia é eficiente no tratamento de águas salinas ou contaminadas, com menor consumo de energia em comparação a métodos como osmose reversa (USEPA, 2011).
Destilação	DST	N/A	É um processo físico de separação térmica no qual moléculas de vapor são transferidas através de uma membrana hidrofóbica porosa devido a diferenças de pressão de vapor criadas por gradientes de temperatura. Esse método é eficiente para separar solutos não voláteis, como macromoléculas, íons inorgânicos e compostos coloidais, permitindo o tratamento de águas residuais e a recuperação de água com potencial para reuso (Ramlow et al., 2017).
Destilação por Membrana	MD	N/A	É um processo de separação termicamente impulsionado que utiliza uma membrana hidrofóbica para separar componentes voláteis de uma mistura líquida, geralmente duas soluções aquosas. A diferença de temperatura entre as duas soluções cria um gradiente de pressão de vapor através da membrana. A água (ou outro componente volátil) evapora na solução mais quente, atravessa os poros da membrana na forma de vapor, e condensa na solução mais fria, onde a pressão de vapor é menor. A membrana hidrofóbica impede a passagem da fase líquida, permitindo seletivamente a transferência do vapor. A DM é utilizada em diversas aplicações, como dessalinização, tratamento de efluentes e concentração de soluções (USEPA, 2011).
Eletrocoagulação	EC	N/A	É um processo eletrolítico que promove a desestabilização de poluentes emulsificados ou suspensos em meio aquoso. Esse processo ocorre em três etapas principais: na primeira,

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
			coagulantes são gerados <i>in situ</i> pela oxidação de ânodos de sacrifício, como ferro ou alumínio, formando hidróxidos e poli-hidróxidos; na segunda etapa, os hidróxidos gerados absorvem-se às partículas coloidais, promovendo a coagulação das impurezas; e, na terceira etapa, a flotação ocorre devido às microbolhas de oxigênio e hidrogênio geradas pela eletrólise, que transportam os flóculos para a superfície, onde podem ser removidos. Este método é amplamente utilizado no tratamento de águas residuais devido à sua eficiência na remoção de óleos, graxas e metais pesados (Mollah et al., 2001).
Eletrodialise	ED	Eletrodialise Reversa (EDR)	Eletrodialise (ED) e a Eletrodialise Reversa (EDR) são tecnologias de separação eletroquímica utilizadas para a remoção de íons dissolvidos em soluções aquosas, especialmente em processos de tratamento de efluentes industriais e dessalinização de água. Essas tecnologias operam com base no movimento de íons em um campo elétrico através de membranas de troca iônica alternadas (catiônicas e aniônicas) (Machado, 2008).
Equalização de Vazão	EQ	Tanque tampão, controle de fluxo, equilíbrio de fluxo	É uma técnica essencial no tratamento de efluentes que consiste no uso de tanques, lagoas ou reatores para regular o fluxo variável dos efluentes, garantindo uma vazão mais uniforme ao longo do processo de tratamento. Esse mecanismo é fundamental para melhorar a eficiência das etapas subsequentes, reduzindo picos de carga orgânica e hidráulica que podem comprometer o desempenho dos sistemas de tratamento (Debatin, A. H., & Ibsch, R. B. M., 2021)
Evaporação	EVAP	N/A	É um processo físico utilizado no tratamento de efluentes para a separação da fração líquida e a concentração dos sólidos dissolvidos, formando um resíduo salino ou salmoura concentrado. Esse método pode ser aplicado tanto em processos naturais (por evaporação solar em lagoas rasas) quanto em sistemas industriais que utilizam equipamentos específicos para promover a evaporação controlada e a recuperação de água (Portal Tratamento de Água, 2022).
Extração Líquida	LE	Extração Líquido-Líquido (ELL), Extração por Solvente ou Flotação	É um processo de separação de compostos químicos baseado na diferença de solubilidade em dois líquidos imiscíveis. Essa técnica é valiosa para recuperar substâncias químicas de efluentes industriais, permitindo a reutilização de recursos e a redução de impactos ambientais (USEPA, 2011).

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Ferro Zerovalente	ZVI	nZVI	É um elemento amplamente utilizado para a remoção de metais e contaminantes inorgânicos de efluentes industriais e águas subterrâneas. Disponível em forma granular ou nanométrica (Ferro Zerovalente), o ZVI atua por meio de adsorção e precipitação reductiva, promovendo a conversão de íons metálicos em formas insolúveis, facilitando sua remoção do meio aquoso (USEPA, 2011).
Filtração em Meio Granular	FI	Filtragem convencional, multimídia ou de areia	É um processo físico utilizado para a remoção de sólidos suspensos em águas residuais e potáveis, através da passagem do efluente por um leito filtrante composto por materiais granulares. Os meios filtrantes podem incluir areia, carvão antracitoso, conchas de noz e escória de aço, dependendo da aplicação e do nível de filtração desejado (USEPA, 2011).
Filtração em Meio Granular	XFIL	N/A	A filtração em meio granular é um processo de tratamento que utiliza um leito de material granular (como areia, cascalho ou outros materiais) para remover partículas suspensas e impurezas da água ou efluente (USEPA, 2011).
Filtração por Membrana	XMEM	N/A	A filtração por membrana é um processo de separação que utiliza membranas semipermeáveis para remover partículas, microrganismos, moléculas e íons de fluidos. A categoria de critério de pesquisa XMEM abrange diversas tecnologias de filtração por membrana, cada uma com diferentes características e aplicações: FO (Osmose Direta), MD (Destilação por Membrana), MF (Microfiltração), NANO (Nanofiltração) e RO (Osmose Reversa).
Filtração por Sacos e Cartuchos.	BCF	N/A	Conforme apresentada pela (USEPA, 2011), descreve um processo utilizado para a remoção de sólidos suspensos, normalmente em sistemas com taxas de fluxo mais baixas. O meio filtrante é configurado em formas específicas, como sacos ou cartuchos cilíndricos, que atuam como barreiras físicas para separar partículas indesejadas da água tratada.
Filtração por Tecido	CF	Filtro de Mídia de Tecido (em Discos)	A filtração por tecido é um processo no qual a água é passada por um meio filtrante de tecido para remover sólidos suspensos. O tecido é frequentemente moldado em forma de discos, que oferecem alta eficiência na separação de partículas. Esse método é comumente utilizado em estações de tratamento de água e efluentes para melhorar a qualidade do efluente final, reduzindo turbidez e sólidos suspensos (USEPA, 2011).

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Filtros de Carvão Ativado Biológico	BAC	Filtro Submerso Aerado com Meio Granular	Os Filtros de Carvão Ativado Biológico combinam adsorção física no carvão ativado com a atividade biológica de microrganismos que crescem na superfície do carvão. Esses filtros são usados principalmente para remover compostos orgânicos dissolvidos, melhorar a qualidade da água e reduzir odores e sabores indesejados em efluentes. Além disso, o biofilme microbiano degrada compostos orgânicos que não foram retidos pelo processo de adsorção, prolongando a vida útil do carvão ativado (USEPA, 2011).
Filtros de Desnitrificação	FDN	N/A	Os filtros de desnitrificação são leitos de filtração com meio granular que suportam o crescimento de bactérias desnitrificantes. Esses filtros são projetados para reduzir nitratos (NO_3^-) a gás nitrogênio (N_2), removendo simultaneamente sólidos suspensos da água. O meio granular atua como suporte para o biofilme das bactérias, promovendo um ambiente adequado para o processo biológico de desnitrificação. Essa tecnologia é amplamente utilizada em estações de tratamento de águas residuais para melhorar a qualidade do efluente antes de sua descarga no meio ambiente (USEPA, 2011).
Flotação por Ar Dissolvido	DAF	N/A	A flotação por ar dissolvido é um processo de separação no qual o ar é dissolvido em água sob pressão e, em seguida, liberado em um tanque à pressão atmosférica. O ar liberado forma bolhas que se aderem aos sólidos suspensos, óleo e graxa presentes na água, fazendo com que esses contaminantes flutuem para a superfície. Os sólidos flutuantes podem então ser removidos por meio de escumadeiras. Este método é amplamente utilizado em estações de tratamento de águas residuais e industriais para remoção eficiente de sólidos suspensos e substâncias oleosas (USEPA, 2011).
Flotação por Gás Dissolvido	DGF	N/A	É um processo de separação que utiliza gases como gás natural ou nitrogênio, em vez de ar, para promover a remoção de sólidos suspensos, óleos e graxas da água. Nesse método, o gás é dissolvido na água sob pressão e, ao ser liberado à pressão atmosférica, forma bolhas que se aderem às partículas, fazendo com que elas flutuem para a superfície, onde são removidas. Esta técnica é amplamente empregada no tratamento de águas residuais, especialmente em indústrias que requerem gases específicos por razões de segurança ou eficiência operacional (Jensen et al., 2015).

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Gaseificação	GAS	Gaseificador de corrente descendente, corrente ascendente ou leito fluidizado	É um processo termoquímico que converte materiais carbonáceos, como biossólidos e resíduos sólidos orgânicos, em um gás combustível rico em monóxido de carbono (CO), hidrogênio (H ₂) e metano (CH ₄). Esse gás pode ser utilizado para a geração de energia térmica, elétrica ou produção de biocombustíveis sintéticos (USEPA, 2011).
Hidrólise Alcalina ou Ácida	AKH	N/A	É um processo químico no qual se adiciona um ácido ou base (como hidróxido de sódio ou potássio) para promover a degradação de substâncias orgânicas complexas, aumentando sua biodegradabilidade. Esse método é frequentemente utilizado como etapa de pré-tratamento antes do tratamento biológico, facilitando a degradação microbiana e melhorando a remoção de poluentes (Alessi, 2006).
Lodo Ativado com Biofilme Fixo Integrado	IFAS	N/A	É um processo híbrido de tratamento biológico de efluentes que combina as vantagens do lodo ativado convencional com a presença de mídias de suporte para o crescimento de biofilme. Essas mídias aumentam a biomassa tratante sem a necessidade de expandir a infraestrutura da estação de tratamento, permitindo maior capacidade de remoção de carga orgânica e nutrientes (USEPA, 2011).
Micro e Ultrafiltração por Membrana	MF	Microfiltração, Ultrafiltração	A microfiltração e a ultrafiltração são processos de filtração por membrana que removem partículas e moléculas de diferentes tamanhos. A microfiltração remove partículas de até 100 nanômetros (nm), enquanto a ultrafiltração remove partículas ainda menores, de até 10 nm (USEPA, 2011).
Mídia Adsorvente	ADSM	N/A	Novos materiais utilizados para remover poluentes por meio de adesão superficial. Esta tecnologia não é aplicado para processos de leito empacotado ou qualquer processo de filtração granular. Este código exclui o carvão ativado granular (GAC).
Nanofiltração	NANO	N/A	É um processo de filtração por membrana que remove partículas muito pequenas, de até 1 nanômetro (nm), de efluentes. Isso inclui íons bivalentes e alguns íons monovalentes maiores, como os de metais pesados. A nanofiltração é utilizada em aplicações como dessalinização e remoção da dureza da água (USEPA, 2011).

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Osmose Direta	FO	Osmose projetada ou manipulada	É um processo de separação por membrana impulsionado por um gradiente natural de pressão osmótica. Nesse método, a água atravessa uma membrana semipermeável da solução de alimentação para uma solução de extração mais concentrada, sem a necessidade de pressão hidráulica externa (Thompson N.A.; Nicoll P.G., September 2011)
Osmose Reversa	RO	Dessalinização	É um processo de filtração por membranas altamente eficiente, utilizado para a remoção de íons pequenos, como sódio (Na ⁺), e outros contaminantes dissolvidos em água e efluentes. O processo funciona aplicando uma alta pressão hidráulica para forçar a água através de uma membrana semipermeável, superando o gradiente de pressão osmótica que, de outra forma, favorece a movimentação da água para o lado mais concentrado (USEPA, 2011).
Outras Filtrações	FILT	N/A	Categoria de filtração não classificada ou não especificada em outras categorias, excluindo filtração por membrana, filtração por mangas e cartuchos (BCF), filtração por tecido (CF) ou filtração em meio granular (FI).
Oxidação Química	CO	peróxido de hidrogênio, permanganato, cloro e água sanitária	Refere-se à adição de substâncias químicas, como peróxido de hidrogênio, permanganato, cloro e água sanitária, para oxidar compostos orgânicos em águas residuais. Este processo é amplamente utilizado para tratar contaminantes orgânicos persistentes, reduzir a demanda química de oxigênio (DQO) e melhorar a qualidade do efluente tratado (USEPA, 2011). Nota: Este código exclui o uso de ozônio como agente oxidante.
Oxidação Úmida com Ar	WAO	N/A	É um processo avançado de tratamento de efluentes que utiliza oxigênio do ar como agente oxidante para degradar componentes solúveis e suspensos na água, promovendo a destruição de matéria orgânica e contaminantes difíceis de tratar por métodos convencionais. Esse processo ocorre sob alta temperatura (125–320°C) e pressão (0,5–20 MPa), garantindo a conversão eficiente de poluentes em compostos menos tóxicos, como dióxido de carbono (CO ₂), água e ácidos orgânicos biodegradáveis (USEPA, 2011).
Ozonização	OZ	Processo de Oxidação Avançada	O ozônio (O ₃), um gás altamente instável, é gerado in loco para uso imediato em uma câmara de contato, oxidando substâncias orgânicas ou desinfetando efluentes (USEPA, 2011).

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Precipitação Química	ChemPre	Coagulação e floculação	A precipitação química é um processo utilizado para remover sólidos suspensos e metais solúveis de águas residuais. Inicialmente, ocorre a coagulação, onde a adição de substâncias químicas neutraliza as cargas das partículas, promovendo sua aglomeração. Em seguida, o processo de floculação faz com que essas partículas formam aglomerados visíveis (flocos), que podem se sedimentar e ser removidos. Este termo também abrange a adição de reagentes químicos, como cal, alumínio ou sulfato férrico, para precipitar metais solúveis em compostos insolúveis, facilitando sua separação do meio aquoso (USEPA, 2011).
Pré-Tratamento Mecânico	MPT	peneiração, remoção de areia e trituração.	É a etapa inicial do tratamento de efluentes onde remove fisicamente sólidos grosseiros e detritos, protegendo os equipamentos das etapas subsequentes. Inclui processos como peneiração (grades, barras e telas), remoção de areia (câmara de areia) e trituração (cominuição/moagem) (USEPA, 2011).
Processos Avançados de Oxidação, Não Classificados de Outra Forma (NEC)	AOP	Oxidação Supercrítica da Água, Oxidação Catalítica, Fotocatálise (UV + TiO ₂), Reagente de Fenton	São tecnologias baseadas na produção de radicais hidroxila ($\cdot OH$), espécies altamente reativas que promovem a degradação de compostos orgânicos complexos presentes em efluentes líquidos. Esses métodos incluem ozonização, fotocatalise, reagente de Fenton e outros processos que atuam na mineralização de poluentes recalcitrantes, reduzindo a carga orgânica e os riscos ambientais. Conforme destacado por Araújo, K. S., Antonelli, R., Gaydeczka, B., Granato, A. C., e Malpass, G. R. P. , os POAs apresentam crescente relevância para o tratamento avançado de águas residuais, especialmente em cenários onde os métodos convencionais são insuficientes.
Reator Biológico com Membranas	MBR	N/A	Um Reator Biológico com Membranas (MBR) representa uma evolução no tratamento de efluentes, combinando o processo de tratamento biológico aeróbico com a tecnologia de ultrafiltração por membranas (USEPA, 2011).
Reator Biológico de Leito Móvel	MBBR	N/A	É um tipo de tratamento de água que usa pequenas peças de plástico, chamadas biocarreadores, para ajudar a remover a sujeira. Essas peças dão aos microrganismos, que limpam a água, um lugar para viver e crescer (USEPA, 2011).
Reator de Suspensão com	BASR	Airlift Bioreactor	É um dispositivo pneumático com canais definidos para o fluxo de fluido. O ar bombeado para dentro da unidade força o fluido a fluir através de canais (em loops internos ou externos).

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Biofilme por Airlift			Geralmente, o sistema contém fases gasosa, sólida e líquida, proporcionando um ambiente eficiente para o crescimento de biofilmes e a degradação de contaminantes em efluentes (USEPA, 2011).
Reator Sequencial em Batelada com Lodo Granular.	GSBR	N/A	É um processo biológico aeróbio avançado utilizado no tratamento de efluentes, caracterizado pela formação de lodo granular de alta densidade e excelente capacidade de sedimentação, sem a necessidade de suportes ou materiais carreadores (USEPA, 2011).
Remoção Biológica Avançada de Fósforo	EBPR	Remoção biológica avançada de fósforo	É um processo biológico utilizado no tratamento de efluentes para a remoção eficiente do fósforo dissolvido, evitando a eutrofização de corpos d'água. Esse método utiliza microrganismos acumuladores de fosfato (PAOs - Phosphate-Accumulating Organisms), que capturam e armazenam fosfato dentro de suas células, permitindo sua remoção na fase de descarte do lodo residual (Ferreira, 2014).
Remoção Biológica de Nutrientes	BNR	Processo Modified Ludzack-Ettinger (MLE)	É um processo que abrange tecnologias projetadas para remover espécies de nitrogênio, como amônia e nitratos, de águas residuais. Um exemplo amplamente utilizado é o processo Modified Ludzack-Ettinger (MLE), que combina zonas anóxicas e aeróbias para promover a desnitrificação (redução de nitratos a nitrogênio gasoso) e a nitrificação (conversão de amônia em nitratos), resultando em uma remoção eficiente de nitrogênio (USEPA, 2011).
Remoção Química de Fósforo	CPR	N/A	A remoção química de fósforo é realizada pela adição de sais metálicos, comumente alumínio (alúmen) ou sais de ferro, para precipitar espécies de fósforo presentes em solução. Este processo é amplamente utilizado no tratamento de águas residuais para reduzir a concentração de fósforo e minimizar os riscos de eutrofização em corpos hídricos receptores (USEPA, 2011).
Remoção Química de Nitrogênio	CNR	N/A	A remoção química de nitrogênio consiste em reações de oxidação-redução (redox) aplicadas para eliminar nitrogênio da água ou converter entre diferentes formas de nitrogênio, como amônia (NH ₃), nitratos (NO ₃ ⁻) e nitritos (NO ₂ ⁻). Esse processo é utilizado para reduzir o impacto ambiental de efluentes, contribuindo para o controle de nutrientes em corpos d'água (USEPA, 2011).

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Separação Óleo/Água	OW	Separador API	É um processo fundamental no tratamento de efluentes industriais que contém óleo e graxa. O objetivo principal é remover o óleo livre e os sólidos suspensos antes que o efluente seja descartado ou passe por etapas de tratamento subsequentes (USEPA, 2011).
Separadores Centrífugos	CS	Hidrociclones líquidos	Os separadores centrífugos, como os hidrociclones líquidos, utilizam um mecanismo de separação mecânica baseado na força centrífuga para separar líquidos ou partículas de diferentes densidades. Essa tecnologia é amplamente utilizada para remover o óleo da água, separar sólidos leves de sólidos mais densos e otimizar processos de tratamento em sistemas industriais e ambientais (USEPA, 2011).
Sorção	XSPT	N/A	É um processo físico-químico que engloba os mecanismos de adsorção e absorção, permitindo a remoção de contaminantes dissolvidos em efluentes líquidos e gasosos. Esse fenômeno ocorre quando substâncias, como compostos orgânicos e metais, interagem com um material sorvente, resultando na fixação desses contaminantes na superfície ou no interior do material. ADSM (Adsorção em Superfícies Modificadas) – Uso de materiais modificados para melhorar a seletividade na remoção de contaminantes específicos. GAC (Carvão Ativado Granular - Granular Activated Carbon) – Adsorção de compostos orgânicos e metais em carvão ativado de alta porosidade. PAC (Carvão Ativado em Pó - Powdered Activated Carbon) – Adsorção rápida de poluentes solúveis utilizando partículas finas de carvão ativado (USEPA, 2011).
<i>Stripping</i>	ST	Colunas de <i>Stripping</i> com Leito Empacotado, Torres de Borbulhamento	O <i>stripping</i> é um processo físico utilizado para a remoção de compostos voláteis de efluentes líquidos por meio da transferência desses contaminantes para uma fase gasosa. Essa técnica é amplamente aplicada para a remoção de amônia, compostos orgânicos voláteis (VOCs) e gases dissolvidos, aproveitando a diferença de pressão de vapor dos contaminantes em condições ambientais (USEPA, 2011).
Tratamento Biológico	XBIO	N/A	O Tratamento Biológico é uma categoria ampla de processos de tratamento que utiliza a ação de microrganismos para degradar ou transformar contaminantes em águas residuais. Essa categoria inclui diversas tecnologias específicas, como: digestão anaeróbia (AD), filtros de filme fixo aeróbico (AFF), desnitrificação anaeróbia (AND), filtros de filme fixo anaeróbico (ANFF), crescimento suspenso anaeróbio (ANSG), crescimento suspenso aeróbico (ASG), bioaumentação

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
			(AUG), reatores anaeróbios com membrana (AnMBR), filtros de carvão ativado biológico (BAC), reatores de suspensão com biofilme (BASR), processos de remoção biológica de nutrientes (BNR), entre outros. Essas tecnologias são amplamente utilizadas para a remoção de matéria orgânica, nutrientes (como nitrogênio e fósforo), sólidos suspensos e outros contaminantes, adaptando-se a diferentes necessidades e condições operacionais.
Tratamento Biológico Aeróbico	AD	Remoção Biológica Aerada, Digestão Aeróbica	Remoção Biológica Aerada - tecnologia que utiliza aeração para promover o crescimento de microrganismos aeróbicos, responsáveis pela degradação de matéria orgânica e remoção de nutrientes, como nitrogênio, em águas residuais (Varling et al., 2025). Digestão Aeróbica - processo biológico em que microrganismos oxidam matéria orgânica em presença de oxigênio, produzindo água, dióxido de carbono e biomassa estabilizada, amplamente utilizado na estabilização de lodo (Varling et al., 2025).
Tratamento Biológico Anaeróbio.	AND	Não Aerado, Facultativo.	É um processo de tratamento biológico no qual microrganismos decompõem matéria orgânica na ausência de oxigênio. Durante esse processo, compostos orgânicos complexos são convertidos em produtos mais simples, como metano (CH ₄) e dióxido de carbono (CO ₂), por meio de etapas como hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Este método é amplamente utilizado no tratamento de efluentes industriais e resíduos sólidos devido à sua eficiência na redução da carga orgânica e na geração de biogás como subproduto. Conforme descrito por Appels et al. (2008) , a digestão anaeróbia é uma tecnologia sustentável e amplamente aplicada no manejo de resíduos.
Tratamento Biológico de Filme Fixo Aeróbico	AFF	Crescimento anexado, reator de leito fixo, contator biológico rotativo, filtro gotejante, reator de leito fluidizado	Refere-se a sistemas de tratamento biológico em que microrganismos se fixam em superfícies sólidas ou meios inertes para degradar poluentes em águas residuais. Tecnologias como reatores de leito fixo, contadores biológicos rotativos, filtros gotejantes e reatores de leito fluidizado utilizam diferentes configurações para maximizar o contato entre os microrganismos, o poluente e o agente oxidante. Essas abordagens promovem alta eficiência no tratamento, permitindo o uso otimizado de biomassa fixada e minimizando o consumo de energia. Conforme descrito por Halling-Sørensen e Jørgensen (1993) , esses sistemas podem ser aplicados em diversas configurações, sendo mais robustos para remoção de poluentes em comparação aos sistemas de crescimento suspenso.

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Tratamento Biológico de Filme Fixo Anaeróbio	ANFF	Crescimento anexado, reator de leito fixo, contator biológico rotativo, filtro gotejante, reator de leito fluidizado	É uma técnica que utiliza reatores anaeróbios com biomassa imobilizada em suporte fixo para o tratamento de efluentes, promovendo a remoção eficiente de matéria orgânica e nutrientes, como nitrogênio, com baixos custos operacionais e reduzida geração de lodo. Essa abordagem é indicada para pequenas comunidades devido à sua eficiência e viabilidade técnica comprovada em sistemas compactos (OLIVEIRA NETTO, 2011).
Tratamento Biológico Não Especificado	BIO	N/A	É um processo no qual microrganismos consomem e degradam compostos orgânicos biodegradáveis presentes no efluente, promovendo a remoção de poluentes e a estabilização da carga orgânica. Esse termo é utilizado para se referir genericamente a qualquer processo biológico, sem especificação do tipo de reator ou método utilizado (USEPA, 2011).
Tratamento Físico	XPYS	N/A	O tratamento físico de efluentes engloba uma variedade de processos mecânicos e físicos que promovem a separação de contaminantes sem o uso direto de reações químicas ou biológicas. Esses processos são fundamentais para a remoção de sólidos suspensos, óleos, graxas, metais e compostos dissolvidos, preparando os efluentes para tratamentos subsequentes ou, em alguns casos, atingindo níveis adequados para descarte ou reuso. Filtração e separação por membranas: MF (Microfiltração) – Remoção de partículas e microrganismos de maior porte. NANO (Nanofiltração) – Filtração seletiva de íons e compostos dissolvidos. RO (Osmose Reversa) – Remoção de sais e contaminantes dissolvidos por alta pressão. FI (Filtração em Meio Granular) – Utilização de meios filtrantes como areia e carvão para retenção de partículas. Decantação e separação de sólidos: BCLAR (Clarificação Biológica) – Separação de sólidos biológicos por sedimentação. CLAR (Clarificação Convencional) – Remoção de sólidos suspensos por decantação. DAF (Flotação por Ar Dissolvido) – Uso de microbolhas para flotação e remoção de sólidos. DST (Sedimentação de Lodo) – Separação de sólidos sedimentáveis do efluente. Adsorção e processos de troca iônica: GAC (Carvão Ativado Granular) – Adsorção de compostos orgânicos e metais. PAC (Carvão Ativado em Pó) – Adsorção rápida de poluentes dissolvidos. ION (Troca Iônica) – Remoção de íons específicos, como nitratos e metais pesados. Processos térmicos e osmóticos: EVAP (Evaporação) – Concentração de resíduos líquidos e recuperação de água. FO (Osmose Direta) – Separação de água usando gradiente osmótico sem alta pressão. Processos eletroquímicos: EC (Eletrocoagulação) – Uso de corrente elétrica para coagulação e remoção de

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
			partículas. ED (Eletrodialise) – Remoção seletiva de íons por membranas carregadas. Outros processos físicos de separação: ADSM (Adsorção em Superfícies Modificadas) – Tecnologia avançada para remoção de contaminantes. CS (Separação de Contaminantes) – Processos físicos gerais de separação de poluentes. CYS (Cristalização) – Formação de cristais para remoção de substâncias dissolvidas. DGF (Flotação com Gás Dissolvido) – Similar à flotação por ar dissolvido, mas com gases específicos. DGS (Separação de Gás Dissolvido) – Remoção de gases dissolvidos em efluentes. ST (Separação de Sólidos Suspensos) – Métodos físicos diversos para remoção de partículas. US (Ultrassom) – Uso de ondas sonoras para desestabilização de contaminantes (USEPA, 2011).
Tratamento Químico	XCHM	N/A	O Tratamento Químico é uma categoria abrangente que inclui diversas tecnologias utilizadas no tratamento de águas residuais para remover contaminantes e melhorar a qualidade do efluente. Esta categoria inclui os seguintes códigos de tecnologia de tratamento: AC (Adsorção com Carvão Ativado), AKH (Alcalinização com Hidróxido), AOP (Processos Avançados de Oxidação), CD (Desinfecção Química), CNR (Remoção Química de Nitrogênio) CO (Oxidação Química), CPR (Remoção Química de Fósforo), ChemPre (Precipitação Química), DCL (Decantação com Lodo Químico), GAS (Tratamento com Gases), ION (Troca Iônica), LE (Lixiviação Eletroquímica), OZ (Oxidação com Ozônio), UV (Desinfecção com Ultravioleta), WAO (Oxidação Úmida Avançada), ZVI (Remoção com Ferro zero valente).
Troca Iônica	ION	Abrandamento deionização	e É um processo físico-químico no qual íons dissolvidos em uma solução são substituídos por íons de uma resina sólida, permitindo a remoção seletiva de contaminantes. Esse método é amplamente utilizado para a abrandamento (remoção de cálcio e magnésio), desmineralização e remoção de nitratos em águas industriais e potáveis (USEPA, 2011).
Ultrassom	US	Ondas ultrassônicas	É uma tecnologia que utiliza ondas sonoras de alta frequência para agitar partículas em solução, romper membranas celulares e desestabilizar biofilmes. Esse método tem sido amplamente aplicado para controle de crescimento de algas, remoção de biofilmes e melhoria da eficiência de processos físico-químicos e biológicos no tratamento de água e efluentes (USEPA, 2011).

Banco de Dados de Tecnologias de Tratamento de Águas Residuais Industriais

Nome da tecnologia de tratamento	Código da tecnologia de tratamento	Sinônimos da tecnologia de tratamento	Descrição da tecnologia de tratamento
Ultravioleta	UV	Luz ou radiação ultravioleta	A radiação ultravioleta (UV) é uma tecnologia utilizada no tratamento de efluentes e água potável tanto para desinfecção microbiológica quanto para oxidação avançada de poluentes orgânicos. A luz UV é capaz de ativar oxidantes químicos, como peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂) e ozônio (O ₃), promovendo a geração de radicais hidroxila (•OH), que são altamente reativos e eficientes na degradação de contaminantes persistentes (Araújo, et.al.,2016)
Zonas Úmidas Construídas	WET	Camas de junco, zonas úmidas artificiais ou terrenos turfosos.	As zonas úmidas construídas, também conhecidas como camas de junco, zonas úmidas artificiais ou terrenos turfosos, utilizam processos naturais combinados com vegetação específica para remover DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio), nutrientes (como nitrogênio e fósforo) e sólidos suspensos de águas residuais. Essa tecnologia "verde" é uma abordagem sustentável para o tratamento de água, caracterizada por baixo consumo de energia e impactos ambientais reduzidos, sendo ideal para aplicações em comunidades rurais e áreas sensíveis ao meio ambiente (USEPA, 2011).