



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

**ACORDO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA QUE
ENTRE SI CELEBRAM A UNIVERSIDADE
FEDERAL DE ALAGOAS/UFAL E A EMPRESA
“S.A. USINA CORURIFE AÇÚCAR E ÁLCOOL”,
PARA OS FINS QUE ESPECIFICA.**

PARTÍCIPES:

A **UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS (UFAL)**, inscrita no CNPJ sob o nº 24.464.109/0001-48, sediada no Campus A. C. Simões, Avenida Lourival de Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, CEP 57.072-96, Maceió, Alagoas, doravante denominada UFAL, neste ato representada pela **vice-reitora no exercício da Reitoria, Eliane Aparecida Holanda Cavalcanti**, brasileira, CPF [REDAZIDA], residente e domiciliado nesta capital, designada nos termos da Portaria nº 122, de 28 de janeiro de 2020 publicado no DOU de 29/01/2020, seção 02, página 30.

A empresa **“S.A. USINA CORURIFE AÇÚCAR E ÁLCOOL”**, pessoa jurídica de direito privado, de atividade agroindustrial inscrita no C.N.P.J./M.F. sob o nº 12.229.415/0002-00, doravante denominada EMPRESA, sediada no Povoado de Camaçari, s/nº, Zona Rural, município de Coruripe / AL, CEP 57.230-000, neste ato devidamente representada na forma de seu Estatuto Social, por sua Diretora Administrativa/RH **MARILUCI PINHEIRO ROSSI**, [REDAZIDA], inscrita no CPF nº [REDAZIDA], residente e domiciliada em Uberaba-MG, e o Procurador, **BERTHOLDINO APOLONIO TEIXEIRA JUNIOR**, CPF [REDAZIDA], residente e domiciliado em Ribeirão Preto-SP, infra-assinados,

As partes supra identificadas ajustaram, e por este instrumento resolvem celebrar o presente Acordo de Cooperação Técnica, tendo em vista o que consta nos autos do processo administrativo nº 23065.048223/2023-01, e em observância às disposições da Lei nº 14.133 de 2021, do Decreto nº 11.531, de 2023, legislação correlacionada a política pública e suas alterações, mediante as cláusulas e condições a seguir:

CLÁUSULA PRIMEIRA – DO OBJETO

O presente instrumento tem por objeto estabelecer a cooperação entre as partes visando a geração de produtos biotecnológicos, além da bioamentação da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da sede da empresa interveniente com microrganismos previamente isolados *in situ*, e a respectiva avaliação quinzenal (físico-química e microbiológica) dessa ETE e poços de monitoramento de águas subterrâneas durante toda safra. Será desenvolvido no “Laboratório de Bioquímica do Parasitismo e Microbiologia Ambiental”, Instituto de Química e Biotecnologia (IQB) da UFAL, através da pesquisa intitulada **“BIORREMEDIAÇÃO DE EFLUENTES E DE LODO DA ETE DA UNIDADE INDUSTRIAL DA MATRIZ DA**



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

“S.A. USINA CORURIBE AÇÚCAR E ÁLCOOL”, E PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO, BIOSURFACTANTES, BIOPLÁSTICOS E BIOSÓLIDO”, conforme especificações estabelecidas no plano de trabalho em anexo.

CLÁUSULA SEGUNDA – DO PLANO DE TRABALHO

Para o alcance do objeto pactuado, os partícipes buscarão seguir o plano de trabalho que, independentemente de transcrição, é parte integrante do presente Acordo de Cooperação, bem como toda documentação técnica que dele resulte, cujos dados neles contidos acatam os partícipes.

CLÁUSULA TERCEIRA - DAS OBRIGAÇÕES COMUNS

Constituem obrigações comuns de ambos os partícipes:

- a) elaborar o Plano de Trabalho relativo aos objetivos deste Acordo;
- b) executar as ações objeto deste Acordo, assim como monitorar os resultados;
- c) analisar resultados parciais, reformulando metas quando necessário ao atingimento do resultado final;
- d) cumprir as atribuições próprias conforme definido no instrumento;
- e) realizar vistorias em conjunto, quando necessário;
- f) permitir o livre acesso a agentes da administração pública (controle interno e externo), a todos os documentos relacionados ao acordo, assim como aos elementos de sua execução;
- g) fornecer ao parceiro as informações necessárias e disponíveis para o cumprimento das obrigações acordadas;
- h) manter sigilo das informações sensíveis (conforme classificação da Lei nº 12.527/2011- Lei de Acesso à Informação - LAI) obtidas em razão da execução do acordo, somente divulgando-as se houver expressa autorização dos partícipes;
- i) Observar os deveres previstos na Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 (Lei Geral de Proteção de Dados - LGPD), adotando medidas eficazes para proteção de dados pessoais a que tenha acesso por força da execução deste acordo; e
- j) obedecer às restrições legais relativas à propriedade intelectual, se for o caso.

Subcláusula única. As partes concordam em oferecer, em regime de colaboração mútua, todas as facilidades para a execução do presente instrumento, de modo a, no limite de suas possibilidades, não faltarem recursos humanos, materiais e instalações, conforme as exigências do Plano de Trabalho.

CLÁUSULA QUARTA – DAS OBRIGAÇÕES DOS PARTÍCIPIES



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Para viabilizar o objeto deste instrumento, são responsabilidades da UFAL:

- a) Elaborar os projetos individuais oriundos de tal pesquisa e cooperação;
- b) Coordenar a realização das ações dos Projetos indicados pelo coordenador dos mesmos, cujo objeto está mencionado na Cláusula Primeira do presente Acordo, através do Instituto de Química e Biotecnologia/UFAL;
- c) Providenciar a seleção do técnico de apoio, dos alunos envolvidos (iniciação científica, mestrado e doutorado) nos sub-projetos individuais, de acordo com os critérios estabelecidos pelo Programa;
- d) Providenciar a entrega de formulação de microrganismos biorremediadores e as análises físico-químicas quinzenais das águas da ETE-Usina Coruripe matriz.

CLÁUSULA QUINTA – DAS OBRIGAÇÕES DOS PARTICÍPES

Para viabilizar o objeto deste instrumento, são responsabilidades da S.A. USINA CORURIBE AÇÚCAR E ÁLCOOL:

- a) Disponibilizar aos alunos e pesquisadores envolvidos o acesso e transporte para coletas, monitoramento e aplicação de produtos biotecnológicos, bem como açúcar, álcool e bagaço necessário à pesquisa;
- b) Disponibilizar auxílio financeiro suficiente para o objeto descrito na cláusula primeira, visando o desenvolvimento dos subprojetos mencionados na presente cláusula (recursos para aquisição de reagentes, equipamentos, manutenção e calibração de equipamentos, pagamento de pessoal técnico selecionado pela coordenadora para participar das análises e manutenção do material biotecnológico), conforme projeto apresentado em anexo. Portanto, a empresa compromete-se a custear transporte aos pesquisadores envolvidos durante a execução da pesquisa de campo, além dos reagentes e a manutenção/calibração e aquisição dos equipamentos necessários previamente aprovados, além de bolsa para técnica/aluno de iniciação-científica/taxista, não se estabelecendo qualquer tipo de relação empregatícia.

CLÁUSULA SEXTA – DO GERENCIAMENTO DO ACORDO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA

Cada partícipe designará formalmente, responsáveis para gerenciar a parceria; zelar por seu fiel cumprimento; coordenar, organizar, articular, acompanhar monitorar e supervisionar as ações que serão tomadas para o cumprimento do ajuste.

Subcláusula primeira. Por parte da UFAL, responderá pelo presente instrumento a Profa. e pesquisadora do IQB/UFAL, Dra. Ana Maria Queijeiro López, CPF , atuando como coordenadora do acordo, a qual estará responsável pelo contido na cláusula quarta.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Subcláusula segunda. Por parte da **S.A. USINA CORURIFE AÇÚCAR E ÁLCOOL**, constitui responsável o seu Procurador e gerente de Sustentabilidade, Sr. BERTHOLDINO APOLONIO TEIXEIRA JUNIOR, CPF conforme manifestação de interesse em anexo.

Subcláusula terceira. Competirá aos designados a comunicação com o outro partícipe, bem como transmitir e receber solicitações, marcar reuniões, devendo todas as comunicações serem documentadas.

Subcláusula quarta. Sempre que o indicado não puder continuar a desempenhar a incumbência, este deverá ser substituído. A comunicação deverá ser feita ao outro partícipe, no prazo de até 30 dias da ocorrência do evento, seguida da identificação do substituto.

CLÁUSULA SÉTIMA - DOS RECURSOS FINANCEIROS E PATRIMONIAIS

Não haverá transferência voluntária de recursos financeiros ou doação de bens entre os partícipes para a execução do presente Acordo de Cooperação Técnica. As despesas necessárias à plena consecução do objeto acordado, tais como: pessoal, deslocamentos, comunicação entre os órgãos e outras que se fizerem necessárias, correrão por conta das dotações específicas constantes nos orçamentos dos partícipes.

Subcláusula primeira. As ações que implicarem repasse de recursos serão viabilizadas por intermédio de instrumento específico.

Subcláusula segunda. Os serviços decorrentes do presente Acordo serão prestados em regime de cooperação mútua, não cabendo aos partícipes quaisquer remunerações.

CLÁUSULA OITAVA – DOS RECURSOS HUMANOS

Os recursos humanos utilizados por quaisquer dos PARTÍCIPES, em decorrência das atividades inerentes ao presente Acordo, não sofrerão alteração na sua vinculação nem acarretarão quaisquer ônus ao outro partícipe.

Subcláusula única. As atividades não implicarão cessão de servidores, que poderão ser designados apenas para o desempenho de ação específica prevista no acordo e por prazo determinado.

CLÁUSULA NONA - DO PRAZO E VIGÊNCIA

O prazo de vigência deste Acordo de Cooperação será de 01 (um) ano a partir da assinatura/publicação na página do sítio oficial da Administração Pública na internet, renovando-se automaticamente por até 05 (cinco) anos, desde que não haja comunicação contrária expedida por qualquer das partes.

CLÁUSULA DÉCIMA - DAS ALTERAÇÕES

O presente Acordo poderá ser alterado, no todo ou em parte, mediante termo aditivo, desde que mantido o seu objeto.

CLÁUSULA DÉCIMA PRIMEIRA - DIREITOS INTELECTUAIS (PROPRIEDADE INTELECTUAL)

Os direitos intelectuais, decorrentes do presente Acordo de Cooperação, integram o patrimônio dos partícipes, sujeitando-se às regras da legislação específica. Mediante instrumento próprio, que deverá acompanhar o presente, devem ser acordados entre os mesmos o disciplinamento quanto ao procedimento para o reconhecimento do direito, a fruição, a utilização, a disponibilização e a confidencialidade, quando necessária.

Subcláusula primeira. Todas as Partes envolvidas ficarão responsáveis pela promoção e divulgação da (s) invenção (ões), desde que sempre citadas as partes co-titulares e inventores, observadas as recíprocas comunicações.

Subcláusula segunda. Caso os projetos resultem em aperfeiçoamentos, referências, inventos ou inovações passíveis de obtenção de privilégio ou patentes, nos termos da legislação brasileira, das convenções internacionais de que o Brasil é signatário, ou ainda da legislação nacional dos países onde haja interesse de proteção, a participação de cada Parte, será regulada em termo próprio, de acordo com a legislação vigente.

Subcláusula terceira. As Partes se obrigam a recíprocas comunicações sobre eventuais aperfeiçoamentos e/ou pesquisas realizadas sobre o projeto mencionado na cláusula primeira deste instrumento, mantendo-se o sigilo necessário para a proteção de tal resultado.

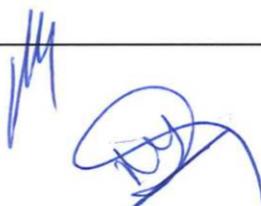
Subcláusula quarta. A Propriedade Intelectual de qualquer produto que vier a ser desenvolvido a partir do objeto deste instrumento deverá ser objeto de outro termo onde se estabeleça a titularidade, as responsabilidades e os percentuais de *royalties* de cada instituição envolvida na pesquisa.

Subcláusula quinta. Os direitos serão conferidos igualmente aos partícipes, cuja atuação deverá ser em conjunto, salvo se estipulado de forma diversa.

Subcláusula sexta. A divulgação do produto da parceria depende do consentimento prévio dos partícipes.

Subcláusula sétima. Qualquer das Partes é livre para abdicar do direito à propriedade da criação, desde que o faça formalmente.

CLÁUSULA DÉCIMA SEGUNDA – DA CONFIDENCIALIDADE





Cada uma das Partes se compromete a manter e a fazer com que seja mantido por seus funcionários, servidores, pesquisadores, administradores, empregados, assessores, terceiros contratados e demais profissionais, absoluto sigilo, em qualquer circunstância, com relação a quaisquer Informações Confidenciais que tenham acesso da outra Parte, incluindo, mas não se limitando a documentos e/ou informações relativos ao presente Contrato e/ou pesquisas conduzidas e/ou negócios de cada uma das Partes. Não obstante, os termos desta Cláusula não se aplicarão a informações que:

- a) estejam genericamente disponíveis ao público que não em virtude da divulgação por uma Parte à outra Parte;
- b) devam ser divulgadas por uma Parte por lei ou ordem judicial, ressalvado, entretanto, que na hipótese de qualquer informação ter sua divulgação exigida por lei ou ordem judicial, a referida Parte se obriga a notificar a outra Parte da referida divulgação com antecedência razoável e, em qualquer hipótese, no prazo máximo de 24 (vinte e quatro) horas após essa exigência de divulgação.

Subcláusula primeira Cada uma das Partes obriga-se ainda a indenizar a outra Parte pelas perdas e danos decorrentes da indevida divulgação de Informações Confidenciais.

Subcláusula segunda. As obrigações de confidencialidade das Partes permanecerão válidas e em vigor pelo prazo de 03 (três) anos após o término do presente Contrato.

CLÁUSULA DÉCIMA TERCEIRA- DO ENCERRAMENTO

O presente acordo de cooperação técnica será extinto:

- a) por advento do termo final, sem que os partícipes tenham até então firmado aditivo para renová-lo;
- b) por denúncia de qualquer dos partícipes, se não tiver mais interesse na manutenção da parceria, notificando o parceiro com antecedência mínima de 30 dias;
- c) por consenso dos partícipes antes do advento do termo final de vigência, devendo ser devidamente formalizado; e
- d) por rescisão.

Subcláusula primeira. Havendo a extinção do ajuste, cada um dos partícipes fica responsável pelo cumprimento das obrigações assumidas até a data do encerramento.

Subcláusula segunda. Se na data da extinção não houver sido alcançado o resultado, as partes entabularão acordo para cumprimento, se possível, de meta ou etapa que possa ter continuidade posteriormente, ainda que de forma unilateral por um dos partícipes.

CLÁUSULA DÉCIMA QUARTA - DA RESCISÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

O presente instrumento poderá ser rescindido justificadamente, a qualquer tempo, por qualquer um dos partícipes, mediante comunicação formal, com aviso prévio de, no mínimo, 30 dias, nas seguintes situações:

- a) quando houver o descumprimento de obrigação por um dos partícipes que inviabilize o alcance do resultado do Acordo de Cooperação; e
- b) na ocorrência de caso fortuito ou de força maior, regularmente comprovado, impeditivo da execução do objeto.

CLÁUSULA DÉCIMA QUINTA – DA PUBLICAÇÃO

Os PARTÍCIPES deverão publicar o Acordo de Cooperação Técnica na página do sítio oficial da Administração Pública na internet.

CLÁUSULA DÉCIMA SEXTA – DA PUBLICIDADE E DIVULGAÇÃO

A publicidade decorrente dos atos, programas, obras, serviços e campanhas, procedentes deste Acordo de Cooperação Técnica deverá possuir caráter educativo, informativo, ou de orientação social, dela não podendo constar nomes, símbolos ou imagens que caracterizem promoção pessoal de autoridades ou servidores públicos, nos termos do art. 37, §1º, da Constituição Federal.

CLÁUSULA DÉCIMA SÉTIMA – DA AFERIÇÃO DE RESULTADOS

Os partícipes deverão aferir os benefícios e alcance do interesse público obtidos em decorrência do ajuste, mediante a elaboração de relatório conjunto de execução de atividades relativas à parceria, discriminando as ações empreendidas e os objetivos alcançados, no prazo de até 60 dias após o encerramento.

CLÁUSULA DÉCIMA OITAVA - DA SINGULARIDADE DA EMPRESA E VANTAGENS PARA A MESMA

O projeto de pesquisa (e não de prestação de serviços), deve ser realizado na empresa em questão em face não só do tipo e volume diário de efluentes (cerca de 120 milhões de litros, com alto teor de matéria orgânica e alta demanda bioquímica de oxigênio), mas principalmente da localização geográfica de seu sistema de armazenamento, isto é, próximo às margens de um rio (Rio Coruripe) e do lençol freático, descartando a possibilidade de se abrir a proposta para outras empresas que possuiriam alternativas ao tratamento biológico sugerido por terem outras características. Por apoiar a renovação de tal pesquisa, a “S.A. Usina Coruripe Açúcar e Alcool”, que possui vários prêmios (Hugo Werneck de Meio Ambiente, etc.) e certificados nacionais e internacionais (ISO 14001; FSSC 22000; Empresa padrão de produção e de descarbonização), demonstra que através do apoio a educação e a pesquisa em uma universidade pública, busca



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

TESTEMUNHAS:

1. _____ 2. _____

Nome
CPF N°

Nome
CPF N°



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

permanentemente adequar seus processos nos critérios da ESG (práticas responsáveis de meio ambiente, desenvolvimento social e de governança), proporcionando uma garantia a mais para seus colaboradores, fornecedores e clientes nacionais e internacionais.

CLÁUSULA DÉCIMA NONA - DOS CASOS OMISSOS

As situações não previstas no presente instrumento serão solucionadas de comum acordo entre os partícipes, cujo direcionamento deve visar à execução integral do objeto.

CLÁUSULA VIGÉSIMA - DA CONCILIAÇÃO E DO FORO

Na hipótese de haver divergências, que não puderem ser solucionadas diretamente por mútuo acordo, os partícipes solicitarão à Câmara de Mediação e de Conciliação da Administração Pública Federal, órgão da Advocacia-Geral da União, a avaliação da admissibilidade dos pedidos de resolução de conflitos, por meio de conciliação.

Subcláusula única. Não logrando êxito a tentativa de conciliação e solução administrativa, será competente para dirimir as questões decorrentes deste Acordo de Cooperação Técnica o foro da Justiça Federal da Seção Judiciária do Estado de Alagoas, nos termos do inciso I do art. 109 da Constituição Federal.

E, por assim estarem plenamente de acordo, os partícipes obrigam-se ao total e irrenunciável cumprimento dos termos do presente instrumento, o qual lido e achado conforme, foi lavrado em 02 (duas) vias de igual teor e forma, que vão assinadas pelos representantes dos partícipes, para que produza seus legais efeitos, em Juízo ou fora dele.

Maceió/AL, 22 de dezembro de 2023.

ELIANE APARECIDA
HOLANDA
CAVALCANTI:

Assinado digitalmente por ELIANE APARECIDA
HOLANDA CAVALCANTI
DN: C=BR, O=CP-Brasil, OU=presencial,
OU= [redacted] OU=Secretaria da Receita
Federal do Brasil - RFB, OU=ARMPDG, OU=RFB
e-CPF A3, CN=ELIANE APARECIDA HOLANDA
CAVALCANTI, [redacted]
Razão: Eu estou aprovando este documento
Foxit PDF Reader Versão: 11.2.1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Eliane Aparecida Holanda Cavalcanti
Vice-Reitora no exercício da Reitoria – UFAL

S/A USINA CORURIBE AÇÚCAR E ÁLCOOL

MARILUCI PINHEIRO ROSSI
Diretora Administrativa/ RH

S/A USINA CORURIBE AÇÚCAR E ÁLCOOL

BERTHOLDINO APOLONIO TEIXEIRA JUNIOR
Procurador



PLANO DE TRABALHO – ACORDO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA

**BIORREMEDIAÇÃO DE EFLUENTES E DE LODO DA ETE DA
UNIDADE INDUSTRIAL DA MATRIZ DA “S.A. USINA CORURIBE
AÇÚCAR E ÁLCOOL” E PRODUÇÃO DE BIOSÓLIDO,
BIOSURFACTANTES, BIOPLÁSTICOS E HIDROGÊNIO.**

LABORATÓRIO DE BIOQUÍMICA DO PARASITISMO
E MICROBIOLOGIA AMBIENTAL

Equipe:

Coordenadora	Prof ^a . Dr ^a . Ana Maria Queijeiro López- IQB-UFAL
Bolsista Técnica Usina Coruripe*	Elane Cristina Lourenço dos Santos – Eng. Agrimensura, MSc. em Recursos Hídricos e Saneamento (CTEC-UFAL), Doutora em Química e Biotecnologia, IQB- UFAL.* + Alunos de Iniciação Científica e taxista.

Maceió, Setembro de 2023.

PLANO DE TRABALHO - ACORDO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA

1 - DADOS CADASTRAIS

<p>PARTICIPE 1: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS, CNPJ: 24.464.109/0001-48 Endereço: AV. LOURIVAL MELO MOTA, S/N, CAMPUS A.C.SIMÕES -MACEIÓ/ALAGOAS CEP: 57072-970; DDD/Fone: 082-32141925.</p> <p>Nome do responsável 1 na Esfera Administrativa Federal (Coordenador Executor): ANA MARIA QUEIJEIRO LOPEZ ; CPF: [REDACTED] SIAPE: [REDACTED] Cargo/função: PROFESSOR ASSOCIADO IV;</p> <p>Nome do responsável 2 na Esfera Administrativa Federal (REITOR- Autoridade superior): JOSEALDO TONHOLO, CPF nº [REDACTED] Professor Titular/REITOR. Endereço profissional de ambos: Av. Lourival Melo Mota, S/N, Cid. Universitária, Bl. 15, Instituto de Química e Biotecnologia, Maceió/Alagoas - CEP: 57072-970.</p> <p>PARTICIPE 2: S.A. USINA CORURIFE AÇÚCAR E ÁLCOOL- ALAGOAS; CNPJ: 12.229.415/0002-00 Endereço: Povoado Camaçari, Fazenda Triunfo, s/n, Zona Rural - CORURIFE, ALAGOAS CEP: 57230-000; DDD/Fone: 082-3217-2800</p> <p>Nome do responsável 1 na Esfera Administrativa de Empresa Privada: MARILUCI PINHEIRO ROSSI; CPF: [REDACTED]; Cargo/função: Diretora Administrativa/RH – Procuradora 1;</p> <p>Nome do responsável 2 na Esfera Administrativa de Empresa Privada: BERTHOLDINO APOLONIO TEIXEIRA JUNIOR; CPF: [REDACTED] Cargo/função: Gerente de Sustentabilidade- Procurador 2; Endereço profissional de ambos: Fazenda Triunfo, s/n, Zona Rural – CORURIFE/ALAGOAS -CEP: 57230-000.</p>
--

2. IDENTIFICAÇÃO DO OBJETO

<p>Título: BIORREMEDIAÇÃO DE EFLUENTES E DE LODO DA ETE DA UNIDADE INDUSTRIAL DA MATRIZ DA “S.A. USINA CORURIFE AÇÚCAR E ÁLCOOL” E PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO, BIOSURFACTANTES, BIOPLÁSTICOS E BIOSÓLIDO</p>	
<p>PROCESSO nº: 23065.048223/2023-01</p>	
<p>Data da assinatura:</p>	
<p>Início (mês/ano): 16 de outubro de 2023</p>	<p>Término (mês/ano): 16 de outubro de 2027</p>

PRODUTOS DO PROJETO DE COOPERAÇÃO: Formulação com consórcio de microrganismos biodegradadores dos poluentes da ETE da matriz alagoana da S.A. Usina Coruripe Açúcar e Alcool visando aplicação diária, além de monitoramento físico-químico e microbiológico quinzenal dessas águas, e utilização tecnológica dos microrganismos isolados para possível produção de biosurfactantes, bioplásticos, biohidrogênio e biosólido fertilizante.

3. DIAGNÓSTICO

Ao longo dos anos, a implementação de planos de gerenciamento de resíduos tornou-se uma necessidade ambiental, de modo que as ações devem estar voltadas para sistemas de tratamento, melhorias na sua manutenção (evitando transbordamentos e lançamentos), redução no uso de substâncias tóxicas e introdução de sistemas de reutilização, visando minimizar os riscos e atrair benefícios econômicos para as empresas. Assim, para minimizar o impacto ambiental causado pela geração de despejos com poluentes, as indústrias atuais instalam Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) associadas às técnicas de “Produção mais Limpa” (P+L), isto é, uma estratégia preventiva aplicada a processos, produtos e serviços.

Na indústria sucroalcooleira, várias operações requerem aporte de água e outras substâncias que serão posteriormente descartadas (Figuras 1 e 2). A produção de açúcar envolve: a) pesagem da cana (pátio) e análise de seu teor de sacarose (laboratório de controle); b) descarregamento na mesa alimentadora, transporte por esteira-rolante, desfibramento e corte na máquina navalha; c) extração do caldo (esmagamento em moendas ou difusão com uso de equipamento difusor), e mistura em dornas; d) adição de bactericida, enxofre e cal; e) transporte do caldo tratado (bombeamento) para aquecedores; d) separação do caldo quente entre “limpo” e “sujo” (após adição de 2g de polímeros precipitantes por tonelada de caldo em equipamentos decantadores); e) filtragem do caldo “sujo” e retorno para a etapa após a extração (obtendo-se a torta de filtro usada na lavoura canavieira); f) desidratação do caldo por evaporação (aquecimento e pressão), resultando no xarope; e g) transporte do xarope, por bombeamento, ao tanque intermediário para início da fabricação do açúcar.

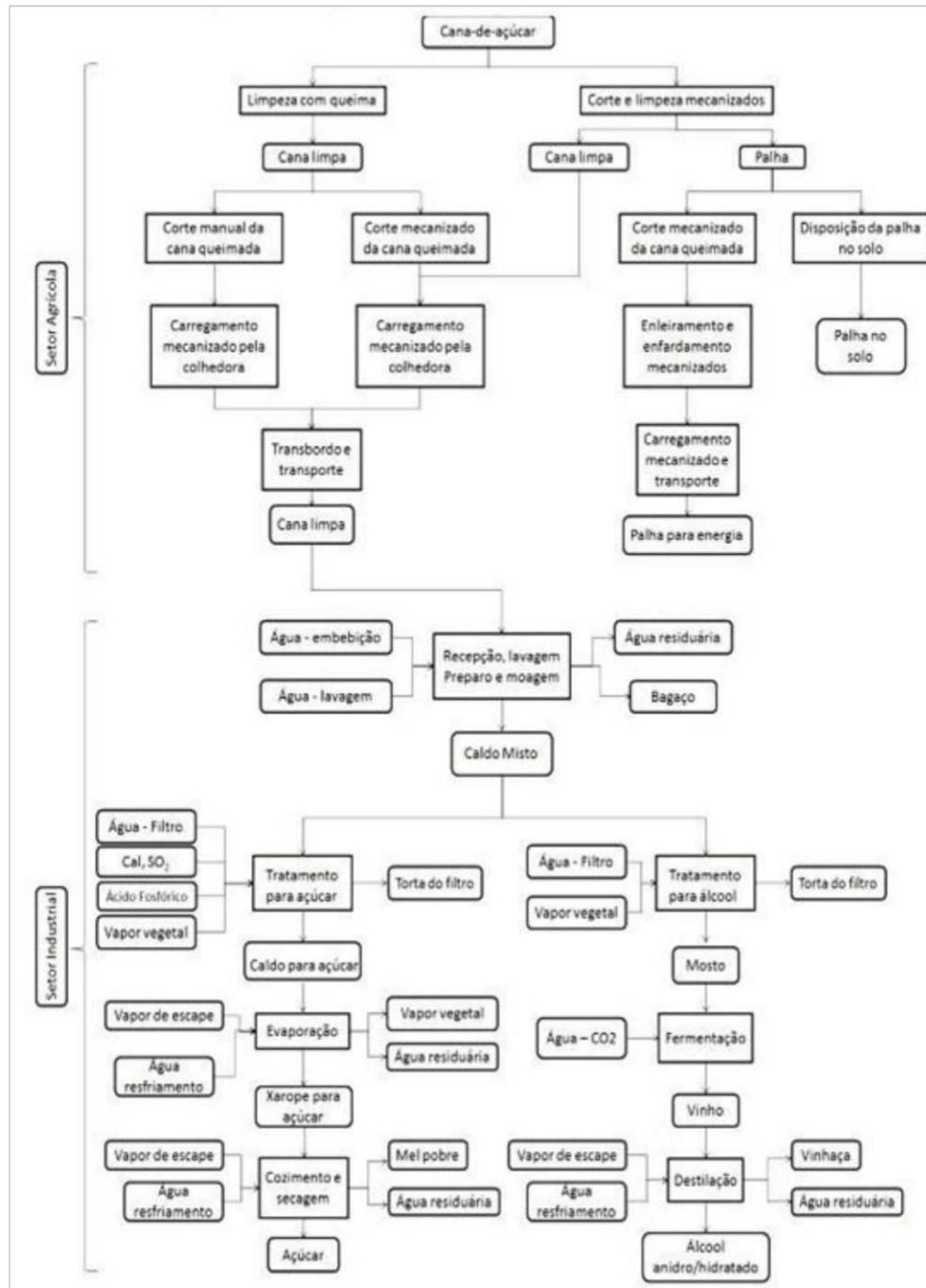


Figura 1. Operações na produção de açúcar e álcool em indústrias sucroalcooleiras. Fonte: Adaptado de Andrade & Diniz (2007).

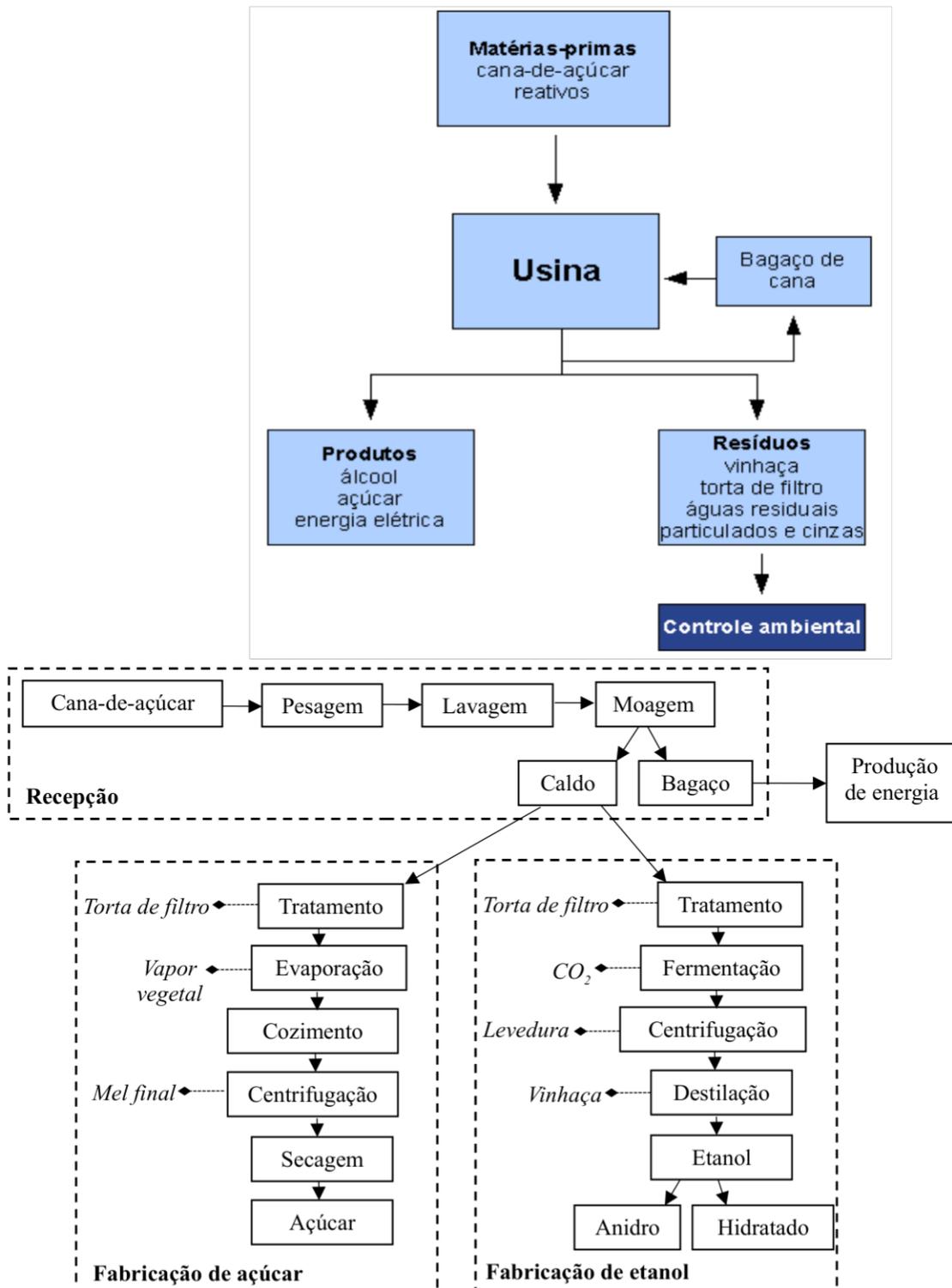


Figura 2. Fluxogramas da ciclagem dos produtos e geração de açúcar e álcool numa indústria sucroalcooleira. Fonte: adaptado de Lemos *et al.* (2010).

Por outro lado, igual processo produtivo até a decantação do caldo é conduzido na destilaria de álcool, acrescentando-se ainda as etapas de fermentação contínua ou descontínua em dornas abertas, quando o produto da fermentação (vinhoto ou vinhaça) é centrifugado e separado da biomassa de leveduras a serem reutilizadas, e de destilação, em que o vinhoto é finalmente separado do álcool (13 litros de vinhoto por litro de álcool). Destaca-se a importância das caldeiras na produção de vapor visando alimentar diversos tipos de equipamentos tais como: moenda, motores de turbina, cozedores, aquecedores, bombas a vácuo, etc. O bagaço de cana é utilizado como

combustível para alimentar caldeiras e gerar vapor. Cada tonelada de cana processada, fornece de 200 a 300 Kg de bagaço (44 a 50% de fibras vegetais, 45 a 52% de água, e 3 a 8% de matéria em solução). Assim, o processamento da cana depende de reativos químicos e biológicos, como soda cáustica, cal, ácidos e leveduras, além de muita água, resultando na produção de açúcar, álcool e proteínas de levedura, além de uma série de resíduos sólidos, líquidos e gasosos (Figura 2 , Tabela 1).

Tabela 1. Principais resíduos da produção de açúcar e álcool.

Resíduos	Características principais	Destino
Água de lavagem de cana	Vol: 2-7 m ³ /tc* DBO ^{**} : 200-1200 mg/l pH = 4,8	Fertirrigação Recirculação Tratamento e/ ou descarte
Água dos condensadores barométricos e dos multijatos	Vol: 10-20 m ³ /tc* DBO ^{**} : 100-300 mg/l T= 35-40 °C	Fertirrigação Recirculação Tratamento e/ ou descarte
Água da lavagem de equipamentos e pisos	Alta concentração de sólidos sedimentáveis DBO ^{**} : 400-1500mg/l	Fertirrigação Descarte
Águas residuais domésticas	75-120 l/dia trabalhado Presença de coliformes	Fossas e sumidouros
Vinhaça	156 l/tc* (destilaria anexa) 910 l/tc* (destilaria autônoma) Alto potencial produtor	Fertirrigação Fermentação anaeróbica Combustão em caldeiras
Torta de filtro	30-40 Kg/tc* Alto DBO ^{**}	Fertilizante, produção de ceras
Material particulado e gases provenientes da queima do bagaço de cana	-	Atmosfera com ou sem equipamentos de controle

*Tonelada de colmo **Demanda bioquímica de oxigênio . Fonte: Lora (2000).

Na mesa alimentadora, a cana recebe água de forma contínua, para o arraste de sujidades trazidas da lavoura (areia, argila, partículas de bagaço e palha). Após o uso, tais águas passam por um sistema de peneiramento contínuo (*cush-cush*) visando a retirada dos materiais grosseiros (palhas e toletes de cana), que retornam a esteira principal de alimentação e às moendas. Tal efluente, em geral, é conduzido por gravidade para as lagoas/tanques, mas antes recebe um tratamento com leite de cal, para auxiliar a sedimentação e evitar sua deterioração, ajustando-se o pH para um índice de 10-11. O volume e composição de água consumida ou liberada pela indústria variam com o tempo, o tipo e quantidade de material processado, sendo necessárias análises periódicas da sua qualidade físico-química e biológica, devendo, após tratamento específico da classe, se adequarem ao uso operacional a que se destinam.

As impurezas da água (Tabela 2) causam sérios problemas, como formação de depósitos, corrosão de metais, espuma em geradores de vapor e lodo microbiológico, e concentrações relativamente altas destas podem ser toleradas em sistemas de refrigeração abertos de recirculação (condensadores, resfriamento de dornas), mas não em outros sistemas. Os sais mais encontrados nas fontes da água industrial são levemente solúveis, como os carbonatos cálcio (CaCO₃), magnesita (MgCO₃), gesso (CaSO₄.2H₂O) e dolomita (CaCO₃.MgCO₃), e solúveis, como bicarbonato, sulfatos, cloretos e outros. Em águas "duras", provocam depósitos ("incrustações") nas tubulações dos trocadores de calor e das caldeiras, danificando os equipamentos e comprometendo sua eficiência. Portanto, um tratamento adequado deve ser efetuado com a água que vai alimentar as caldeiras para alcançar a eficiência máxima na operação. Para clarificação da água, por exemplo, indica-se a coagulação, a floculação e a sedimentação.

Tabela 2. Principais impurezas da água.

IÔNICAS E DISSOLVIDAS		NÃO IÔNICAS E NÃO DISSOLVIDAS	GASOSAS
CATIÔNICAS	ANIÔNICAS	Turbidez, limo, lama, sujeira e outros materiais em suspensão	Dióxido de carbono
Cálcio	Bicarbonato	Sílica coloidal	Sulfeto de hidrogênio
Magnésio	Carbonatos	Microrganismos, plankton	Amônia
Sódio	Hidróxidos	Bactérias	Metano
Potássio	Sulfatos	Óleo	Oxigênio
Amônio	Cloretos		Cloro
Ferro	Nitrato		
Manganês	Fosfato		
	Sílica		
	Matéria orgânica		
	Cor		

As resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 397/2008, referem-se a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento de diferentes tipos de corpos de água, e da definição das condições e padrões de lançamento de efluentes nos mesmos, assim como a Resolução CONAMA nº. 420 estabelece padrões para a classificação das águas subterrâneas (BRASIL 2005,2008 e 2009). A tipologia da qualidade das águas depende dos níveis de determinados parâmetros físico-químicos e microbiológicos que justificam o destino e/ou risco de utilização das mesmas. No caso de efluentes, o monitoramento de suas características pode ser definido como um processo contínuo e sistemático de coleta de amostras e análises laboratoriais, visando identificar e avaliar qualitativa e quantitativamente cada uma delas em um determinado momento, assim como suas variações temporais. Além disso, visando garantir a não interferência desses efluentes em águas do lençol freático, são instalados poços de monitoramento conforme determinado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) – NBR 15495/2007, para amostragens de água armazenadas nos mesmos e submissão às mesmas análises.

Portanto, além da geração de água com alta carga orgânica e inclusive sais, a própria captação de água nas usinas também pode causar impactos ambientais, como o rebaixamento do nível dos lençóis freáticos e nascentes. Com isso, as usinas têm que implantar técnicas de tratamento e reuso de efluentes, através de estações de tratamento (ETEs) construídas exclusivamente para esse fim.

No caso da matriz da Usina Coruripe, em Alagoas, há vários anos a empresa se utiliza de um sistema fechado em que a água captada é utilizada para lavagem de cana e resfriamento de dornas de fermentação e condensadores, e, em seguida, passa por um tanque de decantação mecânica, é bombeada novamente às mesas de lavagem de cana e depois liberada na ETE (estação de tratamento de efluentes), havendo diariamente a necessidade de remoção do excedente de sedimentos na lagoa A, além de um tratamento que necessariamente deve ser biológico (em função da demanda bioquímica de oxigênio ser muito maior do que a demanda química desse gás), em especial as lagoas facultativas D e/ou E, e o monitoramento da qualidade por análises físico-químicas (todas as lagoas). Assim, os efluentes podem ser utilizados na irrigação sem despejo em rios da região (Figuras 3 e 4).

Considerando que atualmente, para lavar cada tonelada de cana, a matriz alagoana da S.A. Usina Coruripe Açúcar e Alcool consome cerca de 6-7 m³ de água, e que na safra 2022/2023 cerca de 13,5 mil toneladas foram moídas por dia (TCD), a quantidade de água captada diariamente foi de aproximadamente 87.750 m³ (3.650 m³/h para 562,5 TCH). Da mesma forma, levando-se em conta que 4% de matéria mineral é eliminada na lavagem, quando a densidade da terra equivale a cerca de 2,32 g/L, a quantidade de matéria mineral sedimentada equivaleu a cerca de 13.500 TCD x (0,04) = 540 TD, com volume de 540/2,32 = 232,76 m³/dia, requerendo constante remoção para reduzir ao máximo o assoreamento dos tanques de tratamento de água.

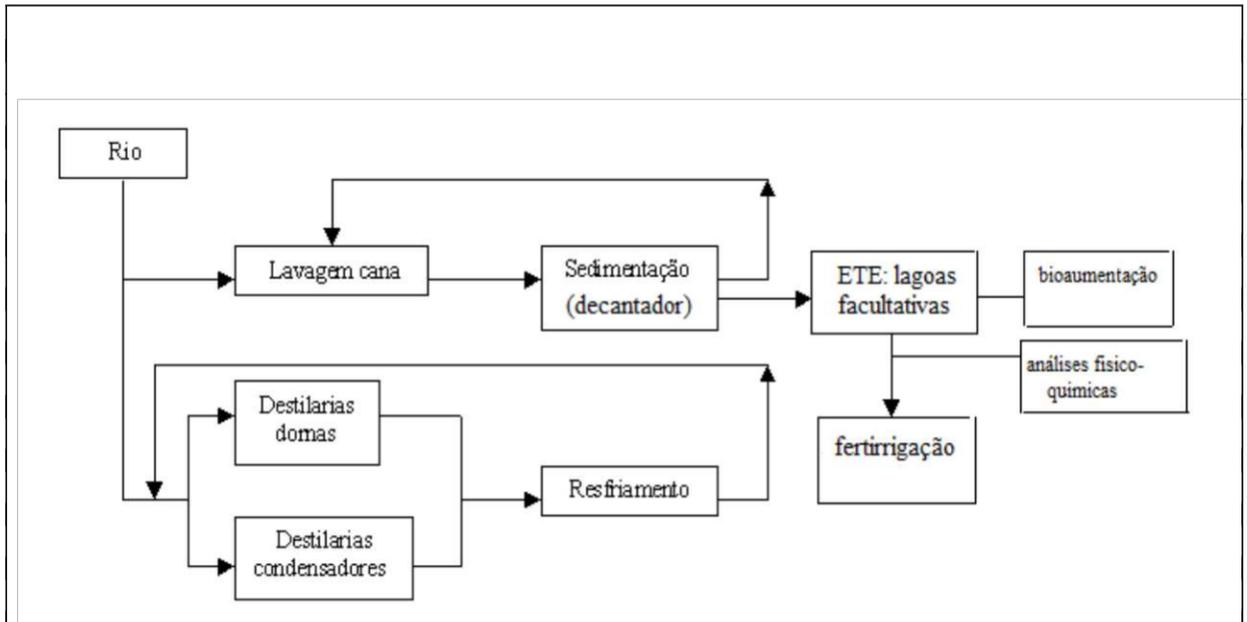


Figura 3. Sistema fechado da utilização de água dentro da indústria e na fertirrigação de campos da S.A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool.

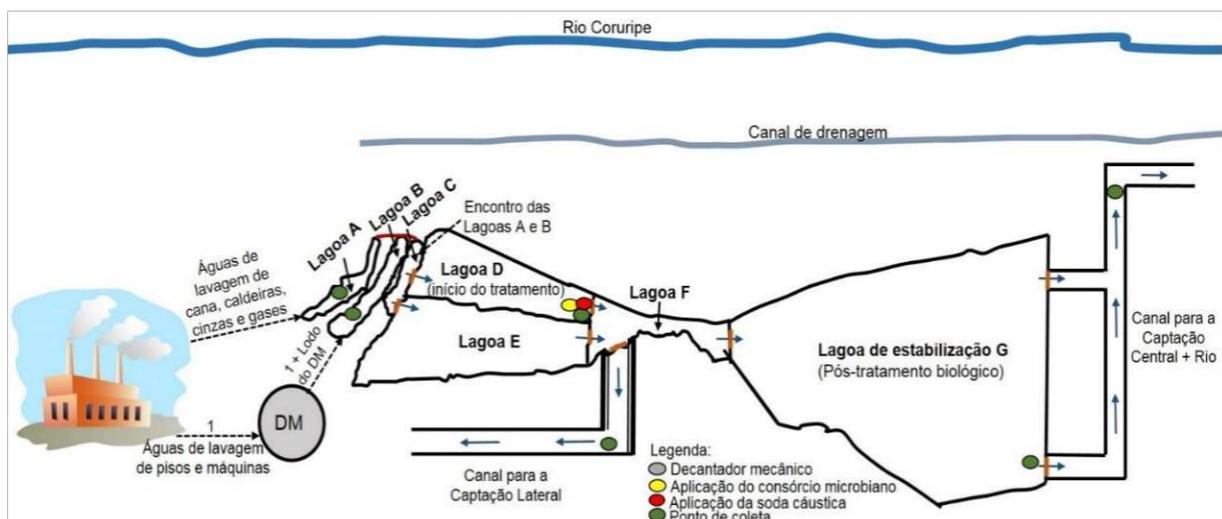


Figura 4. Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da Usina Coruripe (Coruripe-AL) e pontos de coleta para monitoramento da água subterrânea.

Além disso, a vinhaça, resíduo do processo de destilação do álcool, é gerada à razão de 12 L por cada litro de álcool produzido na indústria e apresenta: temperatura elevada, pH ácido, corrosividade, alto teor de potássio, além de quantidades significativas de nitrogênio, fósforo, sulfatos, cloretos, entre outros. Deve ser transferida por tubulação individual a tanques específicos e diluída com água de reuso mediante determinada concentração dos componentes necessários para utilização em fertirrigação. E uma vez que essa empresa se situa na zona rural de Coruripe, local em que não há rede de coleta de esgoto, os resíduos gerados pelos colaboradores que residem na fazenda durante a safra são coletados em lagoa de tratamento aeróbio também específica, e depois o efluente desta é canalizado também para diluição da vinhaça a ser utilizada na fertirrigação.

4. ABRANGÊNCIA

O Estado de Alagoas, apesar de ser o segundo menor em extensão territorial no Brasil, tem sua história marcada pela alta produção canavieira. Os primeiros engenhos foram criados em meados

do século XVI, e a partir destes, o setor evoluiu para a geração de outros produtos além do açúcar, instalando-se em diferentes cidades e geralmente próximos a rios. Com os anos, tornou-se o maior polo sucro-alcooleiro da região Nordeste, em especial o município de Coruripe, localizado a 120 quilômetros da capital Maceió, com uma área de aproximadamente 898,626 km² e uma população estimada em 50.414 habitantes pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2022. Seu produto interno bruto (PIB) *per capita* é de cerca de R\$ 30.919,95 (IBGE, 2022), e este se deve principalmente às indústrias processadoras da cana-de-açúcar.

A matriz da “S.A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool” foi fundada no início do século 20, a partir da fusão de diversos engenhos que já expressavam a vocação canavieira do município, e está inserida na bacia hidrográfica do rio Coruripe, onde também foi implantado o primeiro comitê de bacias hidrográficas de Alagoas, do qual também faz parte. Em suas atividades de plantio e colheita de cana-de-açúcar, fabricação de açúcar, etanol, energia e outros subprodutos, a referida empresa utiliza em seu sistema operacional altos volumes de água proveniente principalmente desse manancial, e gera muitos efluentes, mas busca alcançar altos padrões de qualidade, atuando com responsabilidade socioambiental e segurança alimentar e ocupacional, o que tem lhe conferido prêmios (Hugo Werneck de Meio Ambiente, etc.) e certificados nacionais e internacionais (ISO 14001; FSSC 22000; Empresa padrão de produção e de decarbonização).

O presente momento do projeto de pesquisa em questão, prevê não só o tratamento biotecnológico dos efluentes gerados na parte industrial dessa empresa (depois dos estudos laboratoriais com microrganismos autóctones isolados ao longo dos anos da vigência do convênio), mas também seu monitoramento durante diferentes safras, e os estudos de geração de bioplásticos, biosurfactantes, bio sólidos e biohidrogênio a partir do tratamento dos resíduos industriais com vários dos microrganismos isolados. Deve ser realizado nessa empresa em face não só do alto volume diário e tipo de efluente gerado atualmente em seus processos (acima de 80 milhões de litros, com elevada concentração de matéria orgânica e alta demanda bioquímica de oxigênio), mas principalmente da localização geográfica de seu sistema de armazenamento, isto é, próximo às margens de um manancial (Rio Coruripe) e, portanto, do lençol freático. Isso descarta a possibilidade de se abrir a proposta para outras empresas do Estado, que possuiriam alternativas ao tratamento biológico por gerarem efluentes em menor volume e com outras características, além de menor possibilidade de contaminarem o lençol freático.

Finalmente, ao participar da presente pesquisa, a matriz da “S.A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool” demonstra seu apoio à Educação, Ciência e Tecnologia do país, e busca permanentemente adequar seus processos aos critérios da ESG (práticas responsáveis de meio ambiente, desenvolvimento social e de governança), proporcionando uma garantia a mais para seus colaboradores, fornecedores e clientes nacionais e internacionais. Por outro lado, as técnicas em estudo, devidamente comprovadas, servirão a outras indústrias com características semelhantes no mundo, além dos produtos biotecnológicos gerados, proporcionando a formação de estudantes e pesquisadores, além de resultados que se tornarão publicações e possíveis patentes.

5. JUSTIFICATIVA

Atualmente, toda indústria geradora de água residuária precisa adotar um sistema de tratamento a fim de proteger o meio ambiente. Para que seja possível escolher o sistema ideal de tratamento, o qual depende da composição, concentração e do escoamento do efluente, é preciso caracterizar esses resíduos (Guaratini e Zanoni, 1999; Nunes, 2004). Dentre os tipos de tratamento disponíveis, estão os físicos, os químicos e os biológicos. Os métodos físico-químicos são utilizados para remover poluentes, os quais não podem ser removidos por métodos biológicos convencionais. Esse tipo de tratamento também pode remover parte da carga orgânica dos efluentes, porém o custo com reagentes é alto e a eficiência na remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) dissolvidas é baixa. Além disso, podem causar danos ao meio ambiente devido a geração de subprodutos. Por sua vez, o tratamento biológico (biorremediação) consiste na remoção da matéria orgânica e pode ocorrer de duas maneiras (anaeróbios ou aeróbios) ou de forma mista (Farrugia, 2012), sendo promissor e contando muitas vezes com microrganismos autóctones

(Hakeem, 2015). Todas as populações microbianas, em diferentes ecossistemas, têm um papel específico que influencia o comportamento das demais, alterando os fenótipos bioquímicos umas das outras (microbioma). Microbiomas são afetados por diferentes emissões antropogênicas que contaminam solos, água, ar e todos os outros seres vivos, tornando esse um problema generalizado no planeta. Como a demanda por novas tecnologias para acelerar essas descontaminações está aumentando cada vez mais, o uso de nanomateriais produzidos por microbiomas particulares pode ser uma alternativa valiosa.

A relevância desta pesquisa está em aplicar um produto biorremediador, composto de microrganismos autóctones não patogênicos, no tratamento de efluentes da ETE de uma indústria sucro-alcooleira cujo lençol freático está muito próximo da superfície do solo, e que tritura cerca de 13,5 mil TCD durante cada safra (8 meses), produzindo diariamente aproximadamente 88 mil m³ de efluente e 1,41-1,67% desse volume em lodo (\cong 1240-1400 m³), sendo a parte mineral de cerca de 232,76 m³/dia os quais são acumulados nas lagoas de sedimentação da sua ETE e requerem remoção.

Além disso, uma vasta gama de alternativas biodegradáveis tem sido proposta para mitigar o problema dos resíduos poliméricos presentes nas águas de lavagem da cana ou produzidos pelas próprias bactérias autóctones desse ambiente. Biosurfactantes e bioplásticos bacterianos têm sido bastante estudados no Brasil, e despertam grande interesse. Os primeiros atuam como surfactantes e emulsificantes no processo de biorremediação, por exemplo, e os últimos, como os polihidroxialcanoatos bacterianos (PHA), por serem termoplásticos, biodegradáveis, biocompatíveis e sintetizados a partir de resíduos orgânicos agrícolas e apresentarem propriedades que lhes permitem diferentes utilidades, permitem que sejam utilizados como substitutos dos plásticos convencionais de origem petroquímica como peças feitas por termoformagem e injeção em moldes, filmes extrudados, fios de sutura, moldes para engenharia de tecidos e matrizes para a liberação controlada de fármacos, por exemplo. Entretanto, essas utilidades dependerão das propriedades físicas dos biosurfactantes e dos PHAs, que, por sua vez, dependem da composição monomérica e do tamanho de sua cadeia. PHAs com cadeia média (PHAmc 6-14 átomos de Carbono), por exemplo, apresentam propriedades diferentes, como elasticidade, as quais são importantes para diferentes aplicações.

Há cerca de três décadas o Brasil iniciou o projeto “Produção de plásticos biodegradáveis a partir de cana-de-açúcar, efetuando-se um trabalho de bioprospeção de linhagens microbianas isoladas da natureza para produção de PHB, e, em seguida, testou-se também linhagens modificadas geneticamente, em reatores com tanques agitados mecanicamente. A partir de agroecossistemas de plantações de cana-de-açúcar do nordeste do Brasil, usualmente fertirrigados com vinhaça, foram isoladas 35 espécies de bactérias produtoras de PHB em derivados da cana, a maioria delas dos gêneros *Pseudomonas* e *Bacillus*, sendo que dois dos isolados utilizados na biorremediação dos efluentes da ETE da S.A. Usina Coruripe matriz também pertencem a esses gêneros.

Além disso, a nanobiorremediação é uma técnica emergente que usa nanopartículas de metal ou óxidos de metal (MnNPs) sintetizadas principalmente por microrganismos. Considerando o consórcio microbiano selecionado e utilizado na biorremediação da ETE da matriz da Usina Coruripe em safras anteriores, resistentes em diferentes níveis a distintos metais pesados, a testagem na produção de nanopartículas metálicas pelos mesmos também se fará de grande interesse.

Assim, neste projeto, os microrganismos utilizados para biorremediação também serão cultivados em meios contendo diferentes concentrações de águas de lavagem de cana não tratadas acrescidas de substratos como hidrolisado de bagaço de cana e biomassa autolisada de levedura, visando a possível produção de biosurfactantes, bioplásticos, nanopartículas bio sólidos e gás hidrogênio combustível – uma das melhores fontes de energia limpa.

6. OBJETIVOS GERAL e ESPECÍFICO

Para as safras **2023/24, 2024/25, 2025/26, 2026/27 e 2027/28**, este projeto tem como **objetivo geral**: Biaumentação diária das lagoas da ETE da indústria da S.A. Usina Coruripe Açúcar e Alcool (matriz Alagoas) com microrganismos degradadores dos poluentes nela contidos e dela isolados, além do monitoramento físico-químico e microbiológico quinzenal da qualidade de suas águas, além da utilização biotecnológica de tais microrganismos para possível produção de biosurfactantes, bioplásticos, biohidrogênio e biosólido. Os **objetivos específicos** são:

- 1) Interpretar resultados referentes a análises de metais pesados em amostras de lodo do decantador mecânico, bem como das lagoas B, G e águas subterrâneas (poço de monitoramento PMY), solicitados pela “S.A. Usina Coruripe” a laboratórios privados específicos, no início, meio e fim da safra 2023/2024;
- 2) Verificar se os microrganismos utilizados no consórcio microbiano, tolerantes a metais pesados, têm capacidade de produzir nanopartículas extracelulares (NPs), e caracterizá-las por técnicas de espectroscopia no UV-visível (UV-vis) e microscopia eletrônica de varredura (MEV), além de avaliar sua atividade antimicrobiana/antiviral;
- 3) Efetuar ensaios ecotoxicológicos com plântulas e sementes de milho na presença do lodo removido do tanque de decantação mecânica da ETE, bem como na presença de efluente da lagoa de sedimentação da ETE, e após biotratamento com o consórcio microbiano, visando sua futura utilização como substrato biosólido;
- 4) Efetuar a manutenção e produção em larga escala dos microrganismos eficientes na degradação da matéria orgânica presente nos efluentes da ETE;
- 5) Registrar no IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente) o consórcio de microrganismos selecionados como compatíveis para o tratamento de efluentes da ETE da S.A. Usina Coruripe (matriz) nas dez mais recentes safras da empresa, e depositar no INPI (Instituto Nacional de Propriedade Intelectual) o projeto de patente da formulação para tal consórcio;
- 6) Apresentar um cronograma diário de aplicação da formulação dos microrganismos nas lagoas de tratamento, e capacitar pessoal da Usina envolvido no projeto através do protocolo de operações padrão (POP) 15 dias antes do início da safra 2023/24;
- 7) Continuar o processo de bioaugmentação diária das lagoas “D” e/ou “E” da ETE da S.A. Usina Coruripe (matriz), controlando ao máximo as variáveis físicas e eficiência;
- 8) Efetuar coletas e, simultaneamente, monitorar quinzenalmente, durante toda a safra 2023/2024, ao menos 18 parâmetros físico-químicos de qualidade dos efluentes bem como das águas subterrâneas colhidas nos poços instalados ao lado da ETE, além do Rio Coruripe e do canal às suas margens, totalizando 11 pontos de amostragem por quinzena (9504 análises por safra);
- 9) Repetir experimento piloto de biorremediação (caixa de fibra de vidro de 100 L, contendo latossolo vermelho-amarelo inicialmente autoclavado e posteriormente tratado com 1% dos herbicidas testados), inoculando-se os microrganismos testados e determinando-se, a cada 30 dias durante 210 dias em condições naturais de casa-de-vegetação, dados como pH, capacidade de retenção de líquido, matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, uréia e metabólitos provenientes dos agroquímicos mencionados, bem como trimestralmente a toxicidade através da atividade de desidrogenase;
- 10) Aperfeiçoar a produção de bioplástico (polidioxialcanoato) e Hidrogênio pelos isolados obtidos em anos anteriores, em diferentes concentrações de água de lavagem de cana não tratada, acrescida de substratos como hidrolisado de bagaço de cana e biomassa autolisada de levedura, e efetuar sua extração e identificação;
- 11) Produzir relatórios bimestrais, preparar resumos para congressos e publicar os resultados possíveis em revistas e em periódicos indexados, além de gerar uma patente (formulação dos microrganismos utilizada para biorremediação).

7. METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO

O procedimento metodológico será dividido em quatro etapas: estudo do consórcio microbiano, entrega da formulação para a biorremediação do efluente proveniente da lavagem da cana da “S.A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool”, monitoramento do biotratamento (coleta e análises físico-químicas) e estudo em laboratório da produção de bioplásticos, biosurfactantes, biossólido e biohidrogênio a partir do cultivo dos microrganismos do consórcio com resíduos agrícolas da mesma empresa.

7.1 Consórcio microbiano e preparo do inóculo

Cinco bactérias codificadas como EFI, EFII, EFIII, LOII e LOIII – isoladas em estudos ocorridos em safras anteriores, e que crescem em sacarose, toleram sais de metais potencialmente tóxicos, exibem diferentes atividades enzimáticas extracelulares, produzem fitohormônios, toleram diferentes herbicidas, produzem biosurfactante/bioemulsificante e mostraram-se eficientes na biorremediação de resíduos agroindustriais (conforme estudos prévios), e 2 fungos: *Phanerochaete chrysosporium*

(PC) e *Mucor* sp. (2A), obtidos da micoteca do LBPMA/UFAL e eficientes na degradação de material linocelulósico e fenólico (FILHO, 2007), serão analisados quanto a seu antagonismo visando a seleção daqueles capazes de interagir sinergicamente para compor o consórcio microbiano. As culturas bacterianas serão cultivadas em AN ($30 \pm 1^\circ\text{C}$, no escuro, por 24 h) e os fungos em ágar extrato de malte ($30 \pm 1^\circ\text{C}$, no escuro, por 120 h). Suspensões aquosas de células e conídios serão preparadas utilizando água destilada estéril e alíquotas (100 μL) de cada suspensão serão retiradas para contagem em câmara de Neubauer.

Para a inoculação de cada microrganismo, serão preparados 12 erlenmeyers (250 mL) – 50% contendo 100 mL de meio sintético (4 caldos nutriente e 2 caldos extrato de malte) e 50% contendo 100 mL de meio de baixo custo. O meio sintético bacteriano terá a seguinte composição (g.L^{-1}): 5,0 peptona; 3,0 extrato de carne; 1,0, cloreto de sódio, enquanto o meio sintético para fungos será composto por (g.L^{-1}): 20,0 extrato de malte; 1,0, peptona; 20,0 dextrose. Por outro lado, o meio de baixo custo, já estudado em safras anteriores e gerado a partir de matéria prima agrícola previamente analisada (utilizado tanto para as bactérias como para os fungos), apresenta a seguinte composição (mg.L^{-1}): 300000, proteínas totais; 335000, carboidratos totais; 22300, lipídios totais; 20, cálcio; 6, fósforo; 1,5, ferro; 0,2, cobre; 0,3, magnésio; 0,6, zinco; 0,012, iodo; 0,0022, selênio; 2,4, α -tocoferol; 2, ácido ascórbico; 0,44, tiamina; 0,14, riboflavina; 0,1, piridoxina; 0,88, cianocobalamina; 0,044, ácido fólico; 0,02, ácido pantotênico; 0,96, ácido nicotínico; 46, colina; 2,7, biotina. Após esterilização, ambos os meios serão inoculados com concentração de 10^6 células. mL^{-1} , para incubação e contagem de células após 72-168h. Aquele com melhor desempenho na multiplicação dos microrganismos no decurso do tempo, será selecionado para preparo do inóculo a ser utilizado em formulações sólidas de larga escala.

7.1.2 Inoculação do meio para aplicação em biorremediação de lagoa e posterior monitoramento físico-químico das águas residuárias

Durante as safras **2022/2023, 2023/2024, 2024/2025, 2025/2026 e 2026/2027** da moagem de cana-de-açúcar do estado de Alagoas, serão providenciadas dois pacotes da formulação de cada microrganismo por dia, isto é, 180 embalagens dos 6 microrganismos por quinzena (360 por mês).

Cada embalagem (em plástico autoclavável) será preparada com 135 g dos compostos sólidos do meio de cultura selecionado no item anterior, acrescido de 15 g hemicelulose, submetida a autoclavagem (120°C , 20 min), e depois inoculada com 300 mL do mesmo meio, porém líquido, e previamente (72h) inoculado conforme item 7.1.1 (para cada microrganismo são preparados 8,6 L de meio líquido estéril com a mesma composição, e inoculado com 400 mL de pré-cultura (72 h), atingindo ao final a concentração de bactérias ou fungos de respectivamente 10^6 células. mL^{-1} ou 10^6 conídios. mL^{-1} ; esse volume é suficiente para 15 dias de embalagens). Após 96 h de incubação (28°C), essas embalagens contendo os 6 diferentes microrganismos serão quinzenalmente levadas para o setor de gestão ambiental da empresa parceira, sendo lá armazenadas em câmara fria (18°C) para aplicação diária (2 embalagens de cada microrganismo por dia, totalizando 30 embalagens de cada microrganismo por quinzena).

A aplicação diária das formulações de microrganismos contidas nas 12 embalagens ocorrerá a partir da segunda semana do início da moagem de cada safra, sendo encerrada ao final das mesmas, e sempre ocorrerá na lagoa facultativa D da ETE da empresa parceira, e uma hora após a aplicação de 50-75 Kg de NaOH (soda cáustica)] na lagoa intermediária C, para ajuste do pH. Isso se repetirá em todas as próximas 5 safras, sendo tais embalagens removidas da câmara fria imediatamente antes do uso. Além disso, em todas as safras os colaboradores receberão da equipe do laboratório um curso de “procedimento de operações padronizadas” antes de sua participação no processo.

7.2. Quantidade mensal e entrega da formulação

Conforme citado em item anterior, a produção mensal da formulação do consórcio biorremediador será de 360 embalagens contendo formulação de bactérias e fungos, entregue quinzenalmente, durante cerca de 8 meses das safras de 2023/2024 a 2027/2028, para ser aplicada diariamente na entrada da Lagoa D (1 h após correção do pH com NaOH).

7.3. Monitoramento do processo de biorremediação

7.3.1. Coleta

A rede de amostragem atualmente será composta de 09 pontos de coleta, sendo 06 ao longo da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da Usina Coruripe (Coruripe-AL) e 03 para monitoramento da qualidade da água subterrânea no entorno da ETE. Tais amostras serão obtidas quinzenalmente, em garrafas previamente esterilizadas e rotuladas. O intervalo de tempo entre a coleta das amostras e a execução das análises para monitoramento de sua qualidade será controlado, visando não comprometer os resultados.

7.3.2. Análises Físico-Químicas

A metodologia utilizada nas análises físico-químicas da amostragem quinzenal seguirá os protocolos do manual “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” (APHA, 2017). Para tanto, serão utilizados equipamentos devidamente calibrados. Os parâmetros que serão analisados estão na **Tabela 3**. As amostras serão coletadas em todos os pontos da ETE que serve à unidade industrial da empresa parceira do estudo. Serão **18 parâmetros químicos diferentes de 11 pontos, sempre em triplicatas, de 2 coletas quinzenais durante 8 meses de safras (18 x 11 x 2 x 8 x 5= 9504 análises anuais, 47520 análises nas 5 safras)**.

Tabela 3. Metodologias utilizadas nas análises dos parâmetros físico-químicos.

Parâmetro	Unidade	Metodologia
pH	UpH	Eletrométrico
Oxigênio Dissolvido	mg O ₂ .L ⁻¹	
Condutividade Elétrica	µS.cm ⁻¹	
Temperatura	°C	
Turbidez	NTU	Nefelométrico
Alcalinidade Total	mg CaCO ₃ .L ⁻¹	Titulação potenciométrica
Ácidos Voláteis	mg.L ⁻¹	
Demanda Química de Oxigênio	mg O ₂ .L ⁻¹	Espectrofotométrico
Fosfatos Totais	mg P.L ⁻¹	
Nitratos	mg NO ³ -N.L ⁻¹	
Nitritos	mg NO ² -N.L ⁻¹	
Amônia	mg.L ⁻¹	
Cloretos	mg.L ⁻¹	Titulométrico
Fe ³⁺ , Fe ²⁺ e Fe total	mg.L ⁻¹	Cone Imhoff
Sólidos Totais Sedimentáveis	mg.L ⁻¹	
Sólidos Totais Dissolvidos	mg.L ⁻¹	A partir da condutividade elétrica

7.4. Ensaio de otimização da produção de bioplásticos, biosurfactantes, biossólidos e biohidrogênio

Os ensaios visando a produção de bioplásticos, biosurfactantes, biossólidos e biohidrogênio serão conduzidos conforme descrito em Santos (2014; 2019).

8. UNIDADE RESPONSÁVEL e GESTOR DO ACORDO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA

O presente estudo será desenvolvido parcialmente no Laboratório de Bioquímica do Parasitismo e Microbiologia Ambiental (LBPMA), do Instituto de Química e Biotecnologia (IQB) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em Maceió-AL, e parcialmente na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da unidade industrial da matriz da “S.A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool”, em Coruripe-AL, sob coordenação da Prof^a Dr^a ANA MARIA QUEIJEIRO LÓPEZ. Responde pela UFAL como seu dirigente o Prof. reitor JOSEALDO TONHOLO, e pela Usina Coruripe seus procuradores, MARILUCI PINHEIRO ROSSI (Diretora Administrativa/RH) e BERTHOLDINO APOLONIO TEIXEIRA JUNIOR.

9. RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se, com o tratamento por biorremediação associado a melhorias físicas da ETE em estudo, obter uma redução das condições inadequadas que costumam ser detectadas em efluentes oriundos das operações de lavagem da cana e produção de açúcar e álcool em unidade industrial da matriz da “S.A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool”, entre eles as altas demandas química e bioquímica de oxigênio, a baixa concentração de oxigênio dissolvido, as elevadas turbidez, coloração, salinidade, condutividade elétrica, taxas de sólidos sedimentáveis e solúveis em suspensão, e concentração de cloretos, ferro, nitrogênio e fosfatos totais. Com isso, a expectativa também é aproveitar melhor o abundante volume dessas águas para outros processos dessa empresa, como a fertirrigação, sem receio de aumentar a salinidade do solo e/ou causar fitotoxicidade para a cultura da cana-de-açúcar.

Além disso, é grande também a expectativa quanto a outros usos biotecnológicos dos microrganismos autóctones bioaumentados na ETE em estudo, haja visto que o potencial biodegradador dos mesmos para os compostos presentes naquela já foram estudados em safras anteriores, inclusive com identificação genética já garantida. A possibilidade de gerar novos produtos de interesse comercial a partir deles, utilizando como matéria prima outros resíduos da própria empresa, variando de efetores do crescimento vegetal a produtores de biosólido, biosurfactantes, bioplásticos e biohidrogênio, torna-os ainda mais atrativos, tanto para a Universidade Federal de Alagoas, através de publicações e patentes, formação de estudantes e pesquisadores e contribuição com a sociedade, quanto para a “S.A. Usina Coruripe Açúcar e Álcool”, que além de favorecer a geração de conhecimento com soluções inovadoras e novos produtos, também agrega valor àqueles que são a base de seu portfólio, em especial considerando-se os critérios nacionais e internacionais de responsabilidade sócio-ambiental e de governança.

10. PLANO DE AÇÃO

O presente projeto seguirá o cronograma de atividades do **Quadro 1** a seguir, todas realizadas ao longo de cinco safras pela equipe da UFAL coordenada pela Prof^a Ana Maria Q. López.

Quadro 1. Cronograma geral de atividades (safras 2023/24, 2024/25, 2025/26, 2026/27 e 2027/28.*

Atividades	Meses do projeto para safra de cada ano*					
	Abr- Mai	Jun- Jul	Ago- Set	Out- Nov	Dez- Jan	Fev- Mar
Revisão de literatura	X	X	X	X	X	X
Apresentação de Cronograma de tratamento biológico da ETE da unidade industrial da matriz da “S.A. Usina Coruripe”, e oferta de curso de “Procedimentos de Operações Padronizadas” para colaboradores da mesma que participarão dos estudos, no início de cada safra.	X					
Produção em larga escala dos microrganismos selecionados em anos anteriores para bioaumentação visando aplicação na ETE da unidade industrial da matriz da “S.A. Usina Coruripe”.			X	X	X	X
Análise quinzenal dos 18 parâmetros físico- químicos nas 11 amostras de águas das lagoas, poços de monitoramento da ETE da unidade industrial da matriz da “S.A. Usina Coruripe”, além do canal e rio próximo à ETE. (** Todas as safras)			X	X	X	X
Providenciar análise de metais potencialmente tóxicos para as amostras de lodo do decantador mecânico, bem como das lagoas B, G e águas subterrâneas (poço de monitoramento PMY). (** Todas as safras)			X			X
Avaliar a tolerância dos microrganismos utilizados no consórcio de bioaumentação quanto a diferentes metais potencialmente tóxicos. (** Safras 2023/24 e 2024/25)	X	X	X			
Efetuar experimentos de produção de biossólidos com lodo de lagoa de água de lavagem de cana, para utilização como fertilizante para uso em cultura de cana-de-açúcar . (** Safras 2024/54 e 2025/26)	X	X	X			
Efetuar experimentos de produção de biosurfactantes usando resíduos agrícolas, em escala piloto, pelos microrganismos utilizados no consórcio de bioaumentação. (** Safras 2023/24 a 2027/28)	X	X	X			
Efetuar experimentos de produção de bioplásticos por microrganismos do consórcio previamente obtidos nas água e lodo da ETE, utilizando como substrato água de lavagem de cana, hidrolisado de bagaço de cana e biomassa autolisada de levedura utilizada no processo de produção de álcool. (** Safras 2025/26 e 2027/28)	X	X	X			
Efetuar experimentos de produção de biohidrogênio por microrganismos do consórcio previamente obtidos nas água e lodo da ETE, em escala piloto, utilizando amostras de água de lavagem de cana e outros resíduos agrícolas como matéria prima. (** Safras 2025/26 e 2027/28).	X	X	X			
Análise estatística dos dados (** Todas as safras)	X	X	X	X	X	X
Apresentar relatórios trimestrais das análises efetuadas (** Todas as safras)		X		X		X
Preparo de resumos para apresentação em congresso (**Todas as safras)	X		X		X	
Participação em congressos (** Todas as safras)		X		X		X
Redação de artigos para publicação (** Todas as safras)	X	X				X

*De abril a agosto os trabalhos de manutenção e estudos microbiológicos em laboratório são os mais intensificados, e de setembro a abril os trabalhos de campo são mais intensos; ** Safra (ano) de cada ação.

***Ao final de cada ano, a parceira do convênio requer uma lista com a proposta orçamentária (**lista de reagentes a serem adquiridos e contrato do técnico/transporte**) para o ano seguinte, de forma que fica

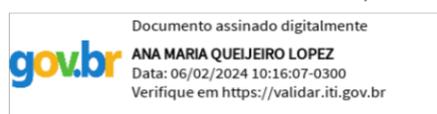
implícito que a mesma será apresentada no mês de novembro de cada safra visando que se providencie a aquisição/pagamento dos custos, através dos setores responsáveis da mesma.

11. REFERÊNCIAS

- ABNT NBR 15.492/2007. Sondagem de Reconhecimento para Fins de Qualidade Ambiental Procedimento, 2007.
- ABNT NBR 15.495-1/2007. Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 1: Projeto e Construção, 2007.
- ALAGOAS, SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E RECURSOS HÍDRICOS. Decreto nº 6200/1985, de 01/03/1985. Estabelece padrões de emissão para os efluentes líquidos industriais no Estado de Alagoas. Diário Oficial do Estado de Alagoas, Maceió, AL, 02/03/1985.
- ANDRADE, J.M.F.; DINIZ, K.M. Impactos Ambientais da Agroindústria da Cana-de-açúcar: Subsídios para a Gestão. Monografia de Especialização em Gestão Ambiental. USP, ESALQ, Piracicaba. 131 p, 2007.
- APHA. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23ª. Ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Nº 357, de 18 de maio de 2005.
- _____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CNRH (Conselho Nacional de Recursos Hídricos) Nº 54, de 28/11/2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reuso direto não potável de água, e dá outras providências. Publ. DOU, Brasília, DF, 09/03/ 2006.
- _____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Livro das Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA*. 1ª ed. Brasília: MMA, 808p, 2006.
- _____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Nº 396, de 3 de abril de 2008.
- _____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Nº 420, de 28 de dezembro de 2009.
- _____. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) Nº 430, de 13 de maio de 2011.
- BRINDHA, C. et al. Characterization of the salt overly sensitive pathway genes in sugarcane under salinity stress. *Physiologia Plantarum*, 17(4):677-687, 2020.
- CETESB. *Guia de coleta e preservação de amostras de água*. 1ª ed. São Paulo, 155p, 1987.
- CHAPMAN, D; KIMSTACK, V. The selection of water quality variables. In: *Water quality assessment*. London: Chapman & Hall Ltd., p. 51-117, 1992.
- EMBRAPA. Características do solo, Brasília: Embrapa solos, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pre-producao/caracteristicas/solo>. Acessado em 20 de maio de 2023.
- Farrugia, 2012. Disponível em: <https://www.revistatae.com.br/3671-noticias>. Acesso em 05/02/2018.
- GRADY, C. P. L. Jr. LIM, H. C. *Biological Waste Treatment*. New York: Marcel Dekker, 1980.
- GUARATINI, C.C.I.; ZANONI, M.V.B. Corantes têxteis. *Química Nova*, v. 23, n. 1, p. 71-78. 1999.
- HAKEEM, K.; SABIR, M.; OZTURK, M. MERMUT, A. *Soil Remediation and Plants: Prospects and Challenges*. Elsevier, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/al/coruripe.html> . Acesso em 26/09/2023.
- Lemos, Jean Carlo M.; Tancredo, Martinho de Oliveira Castro. Uma análise comparativa entre o difusor e a moenda na extração da sacarose. 2010. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química). Universidade de Franca, Franca.
- LORA, E. S. (2000). Controle da poluição do ar na indústria açucareira. Itajubá: STAB,. 74 p.
- MAAS, E.V. Crop salt tolerance. In: Tanji, K. K. (ed.) *Agricultural salinity assessment and management*. New York: ASCE, 1990. Cap. 13, p.262-304.
- NUNES, J.A. Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais. 5 ed. Gráfica Editorial J Andrade. Aracaju, 2004.
- RAMALHO, J. F.; AMARAL Sobrinho, N. M.. Metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais. *Revista Floresta Ambiente*, 8 (1): 120-129, 2001.
- SANTOS, E.C.L. 2014. Produção biológica de hidrogênio a partir de efluente de suinocultura suplementado com sacarose. Dissertação Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento. Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL, 84p.
- SANTOS, E.C.L. 2014. Perfil biotecnológico de microrganismos tolerantes a metais potencialmente tóxicos, capazes de promover crescimento vegetal e remediar resíduos agroindustriais. Tese de Doutorado em Ciências, Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL, 116p.
- TRENTIN, C. V.; SOUZA, J. L. M. Possibilidade de utilização da irrigação com água residuária em torno das principais estações de tratamento de efluentes da Região Metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná, Brasil. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Maringá, v. 28, n. 2, p. 291-298, 2006.

Maceió, 28 de setembro de 2023.

Coordenadora do Projeto:





Emitido em 16/02/2024

ACORDO DE COOPERAÇÃO Nº 7/2024 - AT/GR (11.02.01.01.02)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 16/02/2024 10:28)
RACHELI SAMPAIO DE MORAES ALBUQUERQUE
ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO
GR (11.00.43)
Matricula: ###542#9

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.sig.ufal.br/documentos/> informando seu número: 7, ano: 2024, tipo: **ACORDO DE COOPERAÇÃO**, data de emissão: 16/02/2024 e o código de verificação: **7db157111f**