

BIOESTIMULANTE MICROALGAL OBTIDO DA REGENERAÇÃO DE EFLUENTES DE BENEFICIAMENTO DE ARROZ PARBOILIZADO

ANTÔNIO UBATUBA DE FARIA RIBEIRO¹; ANTÔNIO DUARTE PAGANO²;
DIEGO SERRASOL DO AMARAL³; LEONARDO WERNER⁴; CLAUDIO MARTIN
PEREIRA DE PEREIRA⁵; VINICIUS FARIAS CAMPOS⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – antoniubatuba011@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – antonio.pagano@ciclobiotecnologia.com.br

³Universidade Federal de Pelotas – diego.serrasol@ciclobiotecnologia.com.br

⁴Universidade Federal de Pelotas – leonardower1@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – claudio.chemistry@gmail.com

⁶Universidade Federal de Pelotas – campos.vinicius@ufpel.edu.com

1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

O produto descrito é um bioestimulante à base de biomassa microalgal obtida por meio da regeneração ambiental de efluentes do processo industrial de beneficiamento de arroz parboilizado. A inovação combina um bioprocessamento de cultivo em meio residual — rico em fósforo e nitrogênio — com etapas de biorrefinaria para produzir uma biomassa formulável em insumo agrícola. O sistema tecnológico engloba processos de inoculação, cultivo e colheita de microalgas em meios agroindustriais, seguido de acondicionamento e formulação do produto final.

Diferenciais incluem: (i) uso de efluente agroindustrial como meio de cultivo, transformando passivo ambiental em matéria-prima; (ii) bioprocessamento e rota de biorrefinaria patenteados (Pedido BR 10 2024 027682 5 — entrada na fase nacional do PCT); (iii) produto desenvolvido para apoiar práticas de agricultura regenerativa ao fornecer compostos bioativos que melhoram vigor e resiliência das culturas. O bioestimulante é concebido para integração em sistemas produtivos com foco em redução de insumos químicos e aumento da eficiência agrônômica.

A Ciclo Biotecnologia Ambiental (<https://ciclobiotecnologia.com.br>), startup desenvolvedora do produto, é uma *deeptech* incubada na Conectar (Pelotas Parque Tecnológico), que atua na aplicação de biotecnologia de microalgas para regeneração da agricultura e economia circular. Detentora de um biobanco próprio com espécies isoladas do extremo sul do Brasil, a Ciclo conecta ciência e mercado por meio de um modelo de inovação aberta, cocriando soluções de alto valor agregado em parceria com empresas, produtores e instituições de pesquisa.

2. ANÁLISE DE MERCADO

Público-alvo: Produtores e cooperativas agrícolas, empresas do agronegócio, distribuidores de insumos, consultorias ambientais e indústrias de bioprodutos interessadas em soluções regenerativas. Segmentos prioritários incluem culturas de grande porte (ex.: soja) e cadeias produtivas regionais ligadas ao beneficiamento de arroz.

Concorrentes: Bioestimulantes e biofertilizantes comerciais (orgânicos e microbianos), além de fornecedores tradicionais de insumos químicos. A Ciclo diferencia-se pela origem circular da matéria-prima, validação técnico-científica e modelo de cocriação com parceiros estratégicos, fortalecendo a inovação aberta no setor.

Potencial de mercado: O setor de bioinsumos apresenta crescimento acelerado (bioinsumos: US\$ 16,7B → US\$ 31,85B até 2029, CAGR ~13,8%; microalgas: US\$ 10,7B → US\$ 19,2B até 2030; bioestimulantes: US\$ 4,08B → US\$ 8,95B até 2030) (RESEARCH AND MARKETS, 2025). No Brasil, cerca de 36% dos produtores já utilizaram biofertilizantes, evidenciando adesão crescente a insumos biológicos (MCKINSEY et al., 2023). A alta dependência externa (~85% de fertilizantes químicos importados) e a vulnerabilidade dessa cadeia reforçam a oportunidade para soluções regenerativas, circulares e de origem nacional.

3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

Modelo de Negócios: a Ciclo opera como *Research as a Service* (RaaS) e comercializadora de bioprodutos próprios. A receita provém de consultorias técnicas, contratos de desenvolvimento colaborativo (P&D), vendas iniciais do bioestimulante em modelo piloto e futura comercialização em escala após registro. A inovação também é passível de licenciamento tecnológico.

Propriedade Intelectual: processo de patente em andamento para o bioprocesso de biorremediação e biorrefinaria de efluentes com microalgas, bem como reatores de baixo custo e aproveitamento integral da biomassa (BR 10 2024 027682 5).

Etapas de Desenvolvimento: isolamento e caracterização de cepas (biobanco exclusivo), formulação laboratorial, testes de bancada (bioensaios), estudos de eficácia e segurança, e ensaios de validação a campo em cultivos comerciais (etapa atual). Após validação, previsão de registro junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para comercialização.

TRL: o produto encontra-se em TRL 6–7 (validação em ambiente operacional/ensaios em campo).

Desafios e Riscos: principais gargalos incluem consumo energético na produção em fotobiorreatores, complexidade do isolamento e manutenção de cepas, e escalabilidade técnico-econômica do processo. Estratégias de mitigação envolvem otimização de fotobiorreatores automatizados, desenvolvimento de reatores de baixo custo, e validação incremental em parceria com produtores para ajustes de processo e redução de custos.

4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO

Impacto Ambiental e Social: O bioestimulante promove impacto ambiental positivo ao reduzir a carga poluente lançada no ambiente por meio do reaproveitamento de efluentes do beneficiamento de arroz. A tecnologia contribui para a diminuição da dependência brasileira de fertilizantes importados e para a transição rumo a uma agricultura regenerativa, oferecendo insumos que melhoram a saúde do solo e fortalecem a resiliência das culturas. A cadeia circular proposta captura CO₂ durante o cultivo de microalgas e revaloriza resíduos locais, ampliando a sustentabilidade e a eficiência no uso de recursos.

O produto alinha-se diretamente a seis Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU: ODS 6 (Água potável e saneamento), ao promover a biorremediação de efluentes; ODS 12 (Consumo e produção responsáveis), ao transformar resíduos em insumos de alto valor agregado; ODS 13 (Ação contra a mudança global do clima), ao contribuir para mitigação de emissões; ODS 14 (Vida na água) e ODS 15 (Vida terrestre), ao reduzir a poluição e restaurar ecossistemas;

e ODS 17 (Parcerias e meios de implementação), ao estruturar colaborações em inovação aberta.

Projeções Financeiras: espera-se que vendas piloto e contratos de P&D sustentem a operação inicial, com escalonamento comercial após registro e otimizações que reduzam custo por unidade de produto. O mercado-alvo e as projeções de crescimento setorial indicam potencial de penetração crescente conforme se comprovem benefícios agrônômicos e econômicos em larga escala.

Visão de Futuro: a tecnologia pode evoluir para plataformas *on-farm* automatizadas de produção de bioinsumos, integração em cadeias regionais de economia circular e licenciamento de processos e equipamentos, ampliando o impacto em diferentes biorregiões e culturas.

5. CONCLUSÕES

O bioestimulante materializa uma solução concreta para transformar efluentes agroindustriais em insumos agrícolas regenerativos, unindo pesquisa aplicada, propriedade intelectual e validação em condições reais de campo. O projeto evidencia o potencial da biotecnologia de microalgas para integrar remediação ambiental e geração de bioprodutos de alto valor, contribuindo diretamente para a resiliência produtiva e a sustentabilidade do setor agroalimentar. A Ciclo se posiciona como uma parceira científica estratégica, conectando empresas, produtores e instituições de fomento na validação e escalonamento, bem como modelos colaborativos capazes de acelerar a adoção de bioinsumos circulares e fortalecer a transição para uma agricultura regenerativa no Brasil e no mundo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MCKINSEY & COMPANY. **The Brazilian Farmer's Mind, 2023** - McKinsey & Company - Mente do Agricultor. Acessado em 11 de agosto de 2025. Online. Disponível em: <https://mente-doagricultor.mckinsey.com/english/>

RESEARCH AND MARKETS. **Microalgae-based Products Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast 2024-2031- (By Derivatives Coverage, Geographic Coverage and By Company)**. Acessado em 11 de agosto de 2025. Disponível em: <https://www.researchandmarkets.com/reports/6007891/microalgae-based-products-market-global#tag-pos-6>