



Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

Elaborado por Anderson Cazumbá, Fernanda Cardoso, João Bruno Valentim, Leonardo Teixeira, Natasha da Silva, Paulo Coutinho, Rodrigo Cano e Tainá Pereira: pesquisadores do ISI em Biossintéticos e Fibras do SENAI CETIQT.

Rio de Janeiro, 18 de abril de 2022

SENAI CETIQT



Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores globais de *commodities* agrícolas, setor que respondeu por 27,4 % do PIB do país em 2021 [1]. O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de produtos como soja, café, suco de laranja e açúcar, além de maior exportador de carne bovina e de frango (Figura 1) [2]. As exportações saltaram de USD 20,6 bilhões em 2004, para USD 96,9 bilhões em 2019, com destaque para carne, soja, milho, algodão e produtos florestais [3].



Figura 1. Produção e exportação brasileiras de produtos agropecuários em 2020.
Fonte: [2].

O cenário favorável atual da produção agropecuária deve se fortalecer nos próximos anos. A Figura 2 abaixo mostra a expansão prevista para a produção de grãos e carnes até 2029/2030, que devem crescer mais de 26% e 23%, respectivamente.



Figura 2. Projeções de produção de grãos e carnes pelo Brasil (2019/2020 a 2029/2030).
Fonte: [4].

Uma parte considerável dos solos tropicais são naturalmente ácidos e de baixa fertilidade. Por essa razão, a correção e reposição sistemática de nutrientes se faz necessária para garantir produção vegetal sustentável. As aplicações de fertilizantes se mostram, então, de suma importância na prática agrícola [5].

Segundo a lei N° 6.894 de 1980, considera-se fertilizante, a substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes vegetais [6]. Fertilizantes são produtos que aperfeiçoam as propriedades químicas e físicas do solo e também aprimoram a disponibilidade de nutrientes para as plantas, afetando de maneira direta ou indireta o desenvolvimento, rendimento e qualidade das plantas [7], [8].

Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

Os nutrientes vegetais podem ser classificados em macronutrientes e micronutrientes. Os macronutrientes são requeridos em grandes quantidades. Exemplos de macronutrientes são o carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio e magnésio. Já os micronutrientes, não são em geral aplicados no solo, a não ser casos específicos. Dentre os elementos que fazem parte dessa classificação, tem-se o boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, zinco, cobalto, silício, etc. [4], [7], [8].

Os nutrientes cujas escassezes são mais comuns nos solos, e, portanto, mais requeridos pelo setor agrícola são o nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Dentre eles, o nitrogênio é o mais relevante, devido a sua baixa disponibilidade em muitos solos. O nitrogênio é um elemento essencial na composição de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, entre outras macromoléculas. Portanto, a ausência deste elemento pode prejudicar a taxa de crescimento da planta. O fósforo também é um elemento essencial para a planta, fazendo parte da constituição de ácidos nucleicos, coenzimas, fosfolipídios, ATP, dentre outros. Por fim, o potássio é o cátion metálico absorvido em maior taxa pelas plantas. Acredita-se que este íon possa atuar em benefício de processos importantes para a síntese de diversos compostos orgânicos e na assimilação de CO₂ [7].

O Brasil é um dos maiores consumidores de fertilizantes do mundo, ficando atrás somente da China, Índia e Estados Unidos. O país consome cerca de 8% dos fertilizantes produzidos globalmente, sendo aproximadamente 80% obtidos através da importação de outros países. Soja, milho e cana-de-açúcar representam mais de 73% do consumo de fertilizantes no Brasil [4]. Além disso, cabe destacar que grande parte das safras de grãos são destinadas à produção de ração animal. Por exemplo, estima-se que, no Brasil, de 60-80% da produção de milho é utilizada para esse fim [9].

O cenário de dependência de importações ficou em evidência com o conflito entre Ucrânia e Rússia, que tem gerado grande insegurança de suprimento de fertilizantes pela Rússia. Antes de discutir mais a fundo esse cenário, cabe apresentar como os fertilizantes são produzidos, o que é abordado na próxima seção.

Produção de Fertilizantes

A Figura 3 resume as cadeias de produção dos fertilizantes NPK. Esses insumos partem de indústrias extrativas minerais, incluindo gás natural ou nafta, rocha fosfática, rocha potássica e enxofre. Tais matérias-primas são então convertidas em insumos intermediários, como o ácido sulfúrico, ácido fosfórico e amônia. A partir desses, resultam fertilizantes simples e intermediários, os quais incluem: ureia, nitrato de amônio, sulfato de amônio, fosfato de amônio (MAP, fosfato monoamônico, e DAP, fosfato diamônico), superfosfatos, termofosfatos, rocha fosfática parcialmente articulada e cloreto de potássio. A seguir, os fertilizantes são submetidos a processos de granulação e mistura, que originam suas apresentações e formulações finais (mais conhecidos como NPK) [10].

Os fertilizantes nitrogenados são oriundos da amônia que, por sua vez, pode ser obtida a partir da reação entre hidrogênio (proveniente de gás natural, nafta ou outros derivados de petróleo) e nitrogênio do ar. A produção a nível mundial se dá majoritariamente na América do Norte, Índia, China, Rússia, Oriente Médio, Austrália e Indonésia [8].

Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

O fósforo pode ser encontrado na forma de fosfatos de rocha em jazidas espalhadas pelo mundo. A rocha fosfática e o enxofre são as principais matérias-primas utilizadas na produção da maioria dos fertilizantes fosfatados solúveis. A extração do fósforo costuma se dar em minas a céu aberto, e grande parte das reservas encontram em países como Marrocos, China, Estados Unidos, África do Sul e Jordânia. No Brasil, as maiores jazidas se encontram nos estados de Minas Gerais, Goiás e São Paulo [8].

Assim como o fósforo, o potássio também pode ser extraído de rochas. Há algumas exceções, como a extração do mar, caso de Israel e Jordânia. O potássio é encontrado em grandes quantidades em minerais como a silvita, silvinita, carnalita e langbeinita. Sua utilização na agricultura se dá de uma maneira geral na forma de cloreto de potássio. As maiores reservas deste nutriente se encontram na Ucrânia, Canadá, Reino Unido e Belarus [8].

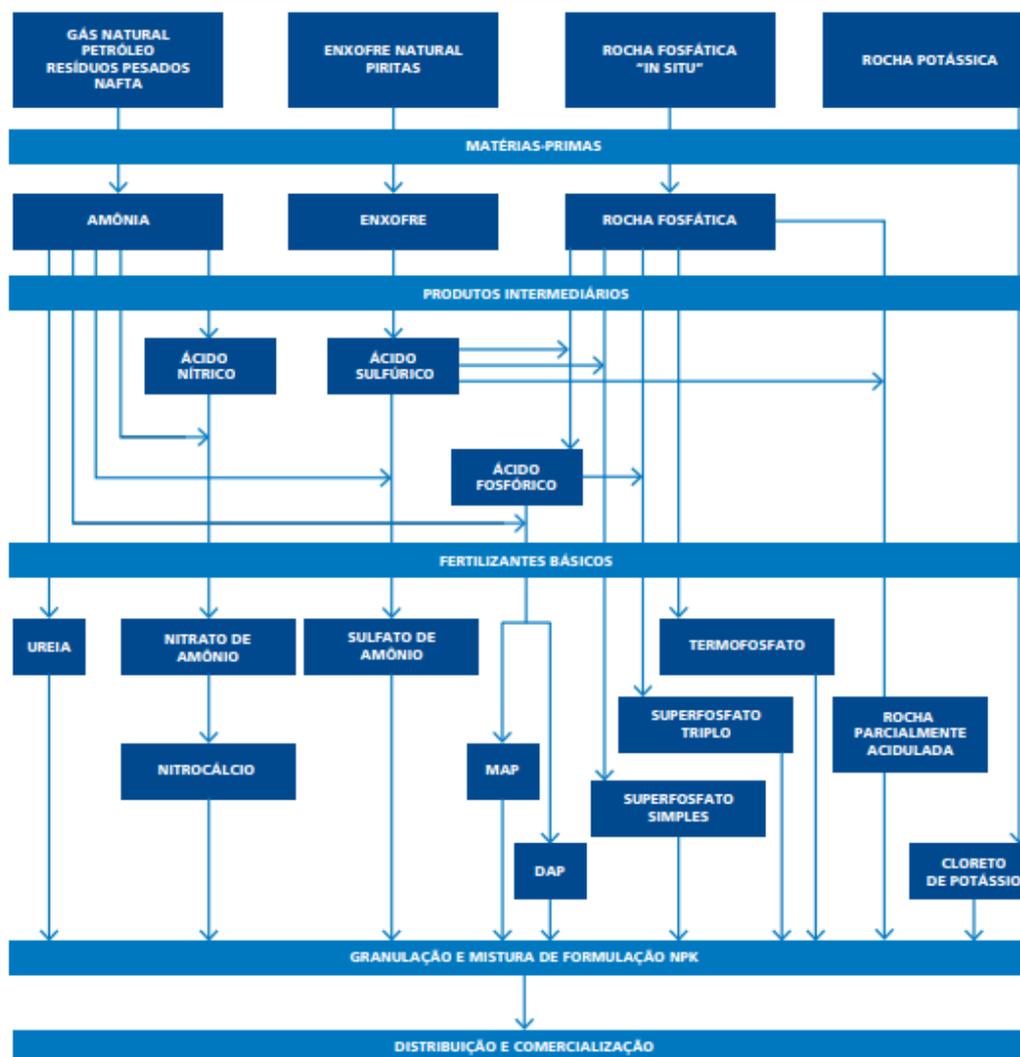


Figura 3. Diagrama de blocos das principais rotas de produção de fertilizantes NPK.

Fonte: [10].

Suprimento de Fertilizantes no Brasil

No início da década de 1980, o Brasil esteve próximo da autossuficiência em fertilizantes NPK graças ao I Plano Nacional de Fertilizantes e Calcário Agrícola. A partir daí, ocorreu um crescimento da área plantada e da demanda por fertilizantes, mas sem aumento correspondente na produção de tais insumos [11]. Desde 2000, a produção brasileira tem se mostrado razoavelmente estável, com tendência de queda entre 2016 e 2020. Em 2020, foram gerados 6,4 milhões de toneladas, a menor contribuição em relação à demanda aparente nacional desde 2000. Por outro lado, as importações aumentaram de aproximadamente 10 milhões de toneladas em 2000, para 32,8 milhões de toneladas em 2020 [12].

Como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, os volumes totais importados vêm aumentando entre 2012 e 2021, com importações superando 41,5 milhões de toneladas em 2021. Já a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, mostra os respectivos valores. Enquanto em 2020 as importações superaram USD 8,0 bilhões, em 2021 esse valor saltou para acima de USD 15,1 bilhões. Esse crescimento foi associado à maior capitalização dos produtores rurais devido ao aumento dos preços das commodities agrícolas. Com mais recursos, produtores conseguiram ter maior dispêndio imediato com fertilizantes, além de aumentar as áreas de plantio. O maior volume adquirido também foi uma reação aos problemas de produção e limites de vendas da Rússia e China [13]. O Brasil importa hoje 85% de sua demanda de fertilizantes, sendo que aqueles à base de potássio correspondem a 96% da demanda, devido à reduzida produção interna [4], [14].

Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

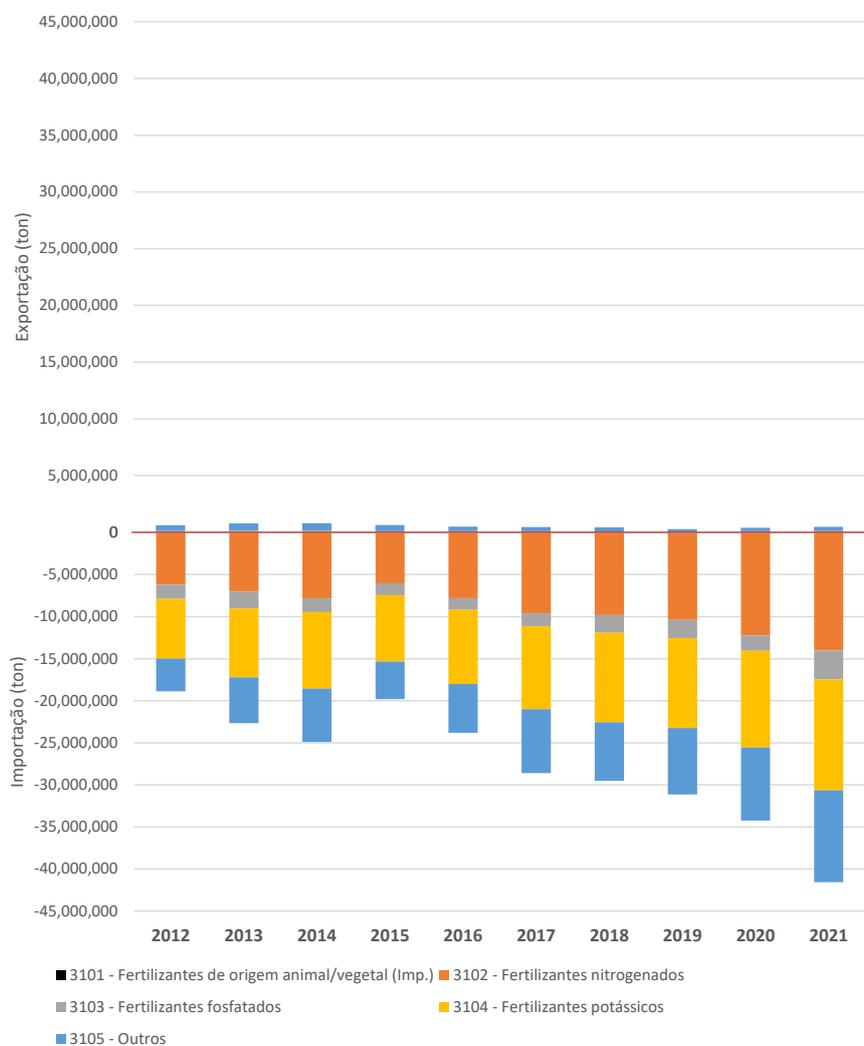


Figura 4. Exportações e importações brasileiras de fertilizantes (toneladas).

Fonte: baseado em dados do Trade Map [15].

Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

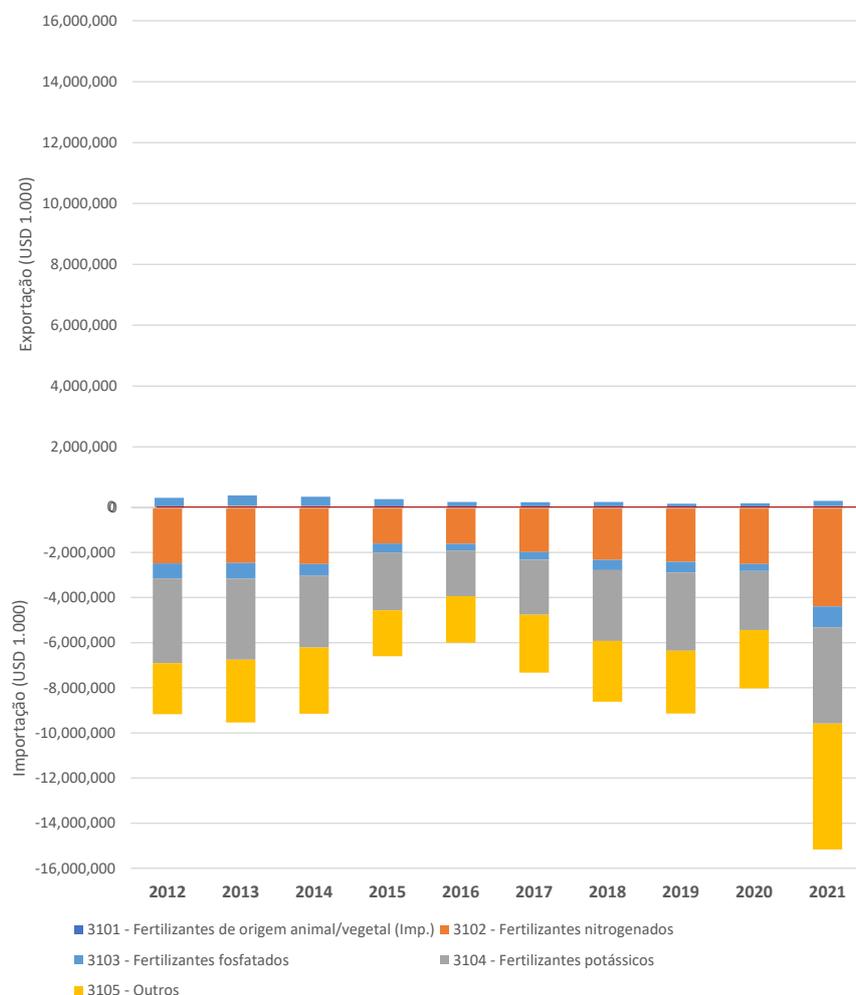


Figura 5. Exportações e importações brasileiras de fertilizantes (USD 1.000).
Fonte: baseado em dados do Trade Map [15].

A dependência de importações de insumos estratégicos é um ponto bastante sensível para o país e que ficou evidenciado com o atual conflito entre Ucrânia e Rússia. A Rússia é o segundo maior produtor global de fertilizantes nitrogenados, segundo em potássicos e quarto em fosfatados [16]. Com o conflito, a Rússia declarou em março suas intenções de suspender a exportação de fertilizantes, em reação às sanções impostas pelos EUA e países europeus [17]. Por outro lado, os EUA cogitam incluir fertilizantes nas sanções à Rússia, apesar do apelo do Brasil em mantê-los fora por questões de segurança alimentar [18].

A Figura 6 abaixo detalha as importações brasileiras em 2021 de fertilizantes provenientes de Rússia e Belarus (outro país incluído nas sanções), além de outros grandes fornecedores como China, Canadá e Marrocos. Os principais produtos vindos da Rússia incluem ureia, nitrato de amônio, cloreto de potássio, adubos contendo N, P e K, e diidrogeno-ortofostato de amônio. Já Belarus, é um grande fornecedor de cloreto de potássio, exportando mais de 2,39 milhões de toneladas, cerca de 18,7% das importações brasileiras desse insumo em 2021.

Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

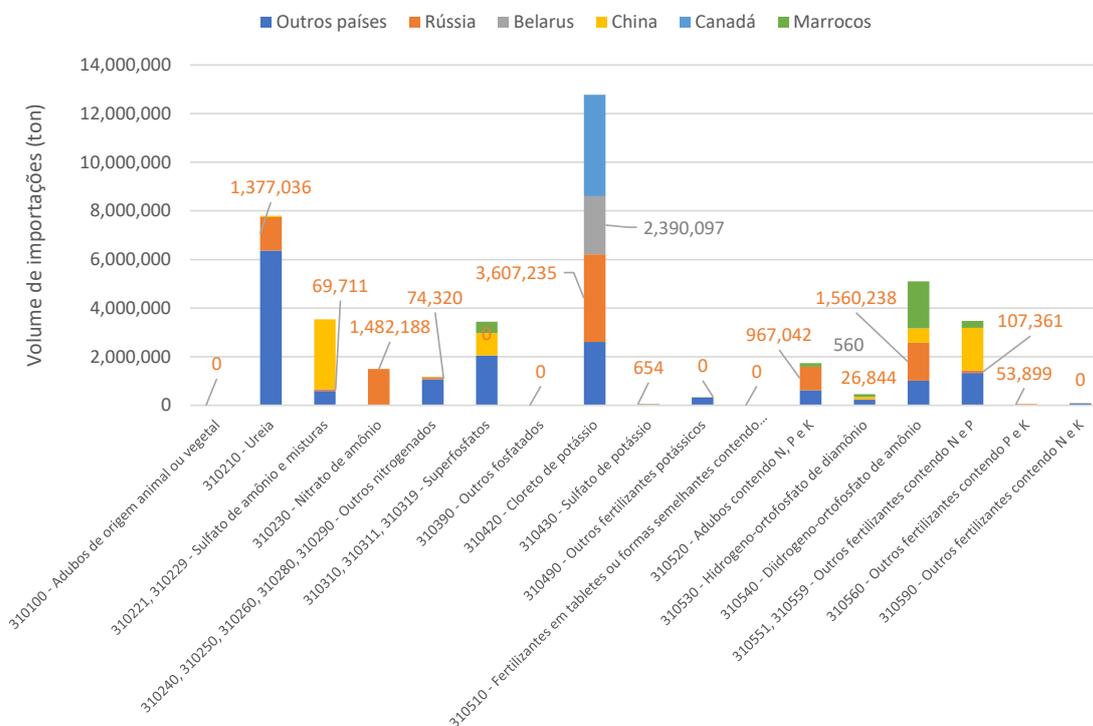


Figura 6. Importações brasileiras de fertilizantes de países selecionados por código NCM (toneladas) em 2021. Fonte: baseado em dados do Trade Map [15].

Cabe destacar que os preços de fertilizantes já tinham tendência de forte alta no fim de 2021. Altas nos preços de gás natural na Europa levaram à redução na produção de amônia; aumentos nos preços de energia na China e EUA também causaram o interrompimento na produção de fertilizantes; China havia suspenso exportações para garantir suprimento interno, enquanto a Rússia também restringiu. Fertilizantes como ureia e DAP atingiram patamares semelhantes aos vistos na crise global de 2008-2009 [19].

Medidas para Mitigar a Escassez de Fertilizantes

A reestruturação da produção nacional de fertilizantes em níveis minimamente compatíveis com a demanda do Brasil exige grandes esforços sistêmicos. Alguns desafios incluem: adaptar práticas, tecnologias e produtos agrícolas para os ambientes tropicais e subtropicais brasileiros, que está sendo endereçado em parte pela Rede FertBrasil da Embrapa desde 2009 [20]; desafios de logística principalmente no centro-oeste e norte do Brasil [21]; licenciamento ambiental para explorar reservas minerais [22]; e disparidades na estrutura tributária de fertilizantes nacionais e importados [23].

Reconhecendo tais necessidades, em 2021 iniciou-se a elaboração do Plano Nacional de Fertilizantes (PNF) 2022-2050, formalizado pelo Decreto 10.991 de 11 de março de 2022. O documento também instituiu o Conselho Nacional de Fertilizantes e Nutrição de Plantas, órgão consultivo e deliberativo que coordena e acompanha a implementação do PNF [24]. O PNF estabelece cinco objetivos estratégicos, elencados abaixo [4]:

Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

1. Modernizar, reativar e ampliar as plantas e projetos de fertilizantes existentes no Brasil.
2. Melhorar o ambiente de negócios no Brasil para atração de investimentos para a cadeia de Fertilizantes e Nutrição de Plantas.
3. Promover vantagens competitivas na cadeia de produção nacional de fertilizantes para melhorar o suprimento do mercado brasileiro.
4. Ampliar os investimentos em PD&I e no desenvolvimento da cadeia de fertilizantes e nutrição de plantas do Brasil.
5. Adequar a infraestrutura para integração de polos logísticos e viabilização de empreendimentos.

Para cada Objetivo Estratégico, são desenhadas metas específicas e ações para concretizá-las. Através do PNF, pretende-se que a dependência se reduza, em 2050, de 85% para 45%, mesmo considerando o aumento de demanda [24].

Dentro do Objetivo Estratégico 4, que se relaciona a PD&I, alguns pontos são bastante interessantes. Inclui-se, por exemplo, o uso de hidrogênio verde ou azul para a geração de fertilizantes nitrogenados e espera-se capacidade de produção de, pelo menos, 1,0 milhão de toneladas/ano de nitrogênio até 2040. Essa linha dialoga com o grande movimento de estruturação de uma indústria de hidrogênio verde no Brasil, como o hub sendo estruturado no Ceará [25]. Empresas como Unigel [26] e Yara Fertilizantes [27] anunciaram recentemente planos para produção de amônia verde no país.

O Objetivo Estratégico 4 também cita como meta a “*oferta de produtos e processos tecnológicos que promovam aumento da eficiência do uso agrônomo de fertilizantes e novos insumos para a nutrição de plantas em até 20% para 2030, 50% para 2040 e 100% para 2050*” [4, p. 143]. Um dos objetivos associados é o aproveitamento de fontes alternativas de fertilizantes, incluindo de origem marítima, residual, coprodutos, orgânicos e outras fontes minerais [4]. Nesse sentido, aumentar o uso de insumos de origem marinha em particular pode ser um caminho bastante interessante, considerando a ampla costa brasileira e sua biodiversidade [28].

O Papel de Novos Insumos

O uso de extratos de algas marinhas como bioestimulantes ou biofertilizantes de plantas data de centenas de anos atrás, quando os romanos costumavam coletar esses organismos de assentamentos costeiros de bretões para adicionar ao solo como cobertura morta e aditivos eficazes para o processo de compostagem. Esta antiga prática ganhou atenção nos últimos 20 anos como uma nova classe de agroinsumos de base natural para a revolução da agricultura verde [29].

Recorrer a insumos de base biológica para suprir fertilizantes usualmente providos pela indústria química não é algo novo. Em 1914, com o início da Primeira Guerra Mundial, a Alemanha controlava o maior fornecimento global de potassa mineral, usada tanto em fertilizantes quanto em explosivos. Com os embargos impostos pela Alemanha na exportação de potassa, empresas americanas iniciaram a extração desse insumo e de acetona a partir da *kelp*, uma alga marrom. Embora o retorno das exportações alemãs em

Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

1919 tenham dificultado a extração economicamente competitiva desses produtos, este foi um exemplo da capacidade de rápida estruturação de uma indústria baseada em recursos renováveis [30].

Os extratos de algas marinhas compõem cerca de 33% do mercado global de bioestimulantes agrícolas, com previsão de movimentar € 894 milhões em 2022. Estima-se que há mais de 10.000 espécies de micro e macroalgas catalogadas, taxonomicamente organizadas em três grandes filos com base na sua pigmentação: Phaeophyta (marrom), Rhodophyta (vermelho) e Chlorophyta (verde). Os grupos Aschophyllum, Fucus e Laminaria são os dominantes entre as algas marrons e principal matéria-prima para produção de bioestimulantes comercialmente disponíveis. Mesmo assim, os bioestimulantes ainda são considerados um mercado de nicho, comparado ao total dos ingredientes com ação “fertilizante” [31].

De modo geral, esse bioinsumo agrícola pode ser aplicado diretamente no sulco do solo e/ou nas plantas por pulverização foliar, bem como no tratamento de sementes e no pós-colheita. Há décadas, a literatura científica tem se dedicado à avaliação da eficácia de aplicação de extratos de macroalgas em diversas culturas agrícolas, tanto em casa de vegetação quanto na aplicação em campo. Os desempenhos de algumas preparações laboratoriais e comerciais são apresentados na Tabela 1 [29].

A eficácia de aplicação de extratos de algas se dá pelo aumento da resistência estresses abióticos e bióticos, maior massa de raízes e crescimento lateral das raízes, desenvolvimento de brotos e brotos, germinação de sementes e pólen, crescimento do tubo polínico, produção de clorofila e fotossíntese, entre outros. Em campo, o efeito econômico do seu uso já foi avaliado, por exemplo, na produção de uvas para vinho na Austrália: o crescimento de lucro foi de AUD 136/ha para Cabernet Sauvignon e de AUD 467/ha para Merlot [37].

Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

Tabela 1. Exemplos de publicações relacionadas aos benefícios da aplicação de extratos de algas.

Cultura	Extratos	Modo de aplicação	Resposta	Ref.
Soja 5D621-IPRO	Mistura de extrato de <i>Ascophyllum nodosum</i> e ácido fúlvico	Foliar	Resistência a stress hídrico, com aumento de taxas fotossintéticas, mecanismos mais eficientes para dissipar o excesso de energia e maiores atividades de enzimas antioxidantes. Plantas tratadas foram mais eficientes na recuperação das atividades metabólicas após a reidratação.	[32]
Soja	Extratos de <i>Padina minor</i> , <i>Sargassum crassifolium</i> , <i>Sargassum cristaeifolium</i> e <i>Turbinaria decurrens</i>	Foliar	<i>P. minor</i> levou a melhoria de altura, número de folhas e ramos, e massa fresca. A massa seca da soja foi semelhante entre os tratamentos em soja. A concentração de 0,4% de extrato de algas melhora significativamente todos os parâmetros de crescimento vegetativo da soja.	[33]
Laranja Valencia	Óleo de alho, fungicida sintético e extrato de <i>Ascophyllum nodosum</i>	Pós-colheita com imersão das frutas em soluções	Perda de peso, apodrecimento, teor de SST, relação SST/ácido e teor de açúcares totais aumentaram com o prolongamento do período de armazenamento. A firmeza da fruta, acidez total, quantidade de suco e teor de vitamina C diminuíram significativamente afetando os diferentes tratamentos em estudo.	[34]
Canas-de-açúcar ROC22 e Yuetang 60	Algas cultivadas nas águas costeiras do sudeste da China	Pulverização uma vez nos estágios de plântula, alongamento precoce e estágio maduro inicial	Aplicação no estágio inicial de alongamento teve papel vital na promoção do crescimento da cana. Os parâmetros fotossintéticos e a análise de eficiência de nutrientes mostraram que a pulverização nos estágios de plântula e alongamento melhorou a taxa fotossintética líquida, a taxa de transpiração e a eficiência do uso da água, e aumentou a eficiência de utilização de N, P ou K, em comparação com o controle. Os resultados sugeriram que os extratos podem aumentar a produtividade da cana e promover o acúmulo de sacarose. O efeito de aumento da produtividade foi mais evidente em condições de estresse hídrico.	[35]
Milho	Extratos de <i>Kappaphycus alvarezii</i>	Sulco do solo	Em plantas sob seca, registrou vários genes diferencialmente expressos envolvidos na biossíntese de RNA, proteína, parede celular, sinalização, transporte, resposta aos estresses, metabolismo secundário-, hormônios, DNA, lipídios, redox, manipulação de metais, metabolismo de aminoácidos, metabolismo de nucleotídeos, TCA e vias relacionadas ao metabolismo de N. Em paralelo, houve melhor crescimento das raízes, rendimento de grãos e maior teor de nutrientes das raízes sob estresse hídrico.	[36]

Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

A composição bioquímica dos extratos de algas marinhas é complexa e altamente dependente da origem e sazonalidade da espécie, bem como do seu processo de beneficiamento (extração e formulação). Em suma, esses bioinsumos são constituídos de polissacarídeos, minerais, vitaminas, lipídeos, ácidos orgânicos, antioxidantes, pigmentos, hormônios de crescimento, entre outros. Compreender seu mecanismo de ação na fisiologia de desenvolvimento das plantas é altamente complicado e muitas vezes requer uma abordagem multidisciplinar, devido à interação entre os compostos bioativos dentro do mesmo extrato [29]. Os benefícios de aplicação agrônômica de extratos de algas são enumerados na figura abaixo.

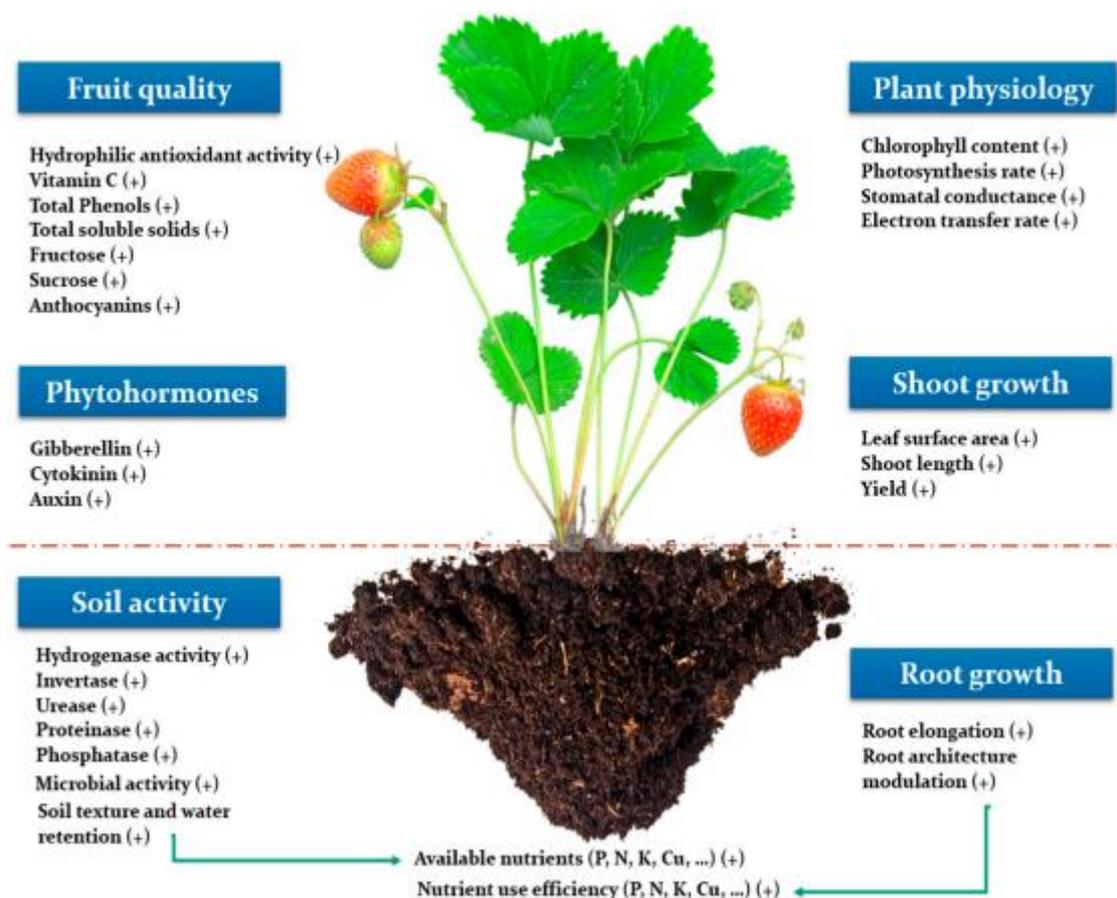


Figura 7. Ilustração conceitual destacando o impacto positivo dos extratos de algas marinhas em todo o sistema solo-planta.

Fonte: [29].

No contexto de algas como um bioinsumo, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento é responsável pela gestão destas políticas públicas. Um dos mecanismos regulatórios do MAPA para registro de extratos de algas é pela Instrução Normativa N° 61, de 8 de julho de 2020, que estabelece definições e especificações de fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. De acordo com o artigo segundo, entende-se por biofertilizante de extratos de algas ou algas processadas como produto obtido por extração e beneficiamento de algas. Há também a possibilidade e enquadramento do produto

Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

como um biofertilizante composto, isto é, um produto obtido pela mistura de dois ou mais biofertilizantes dos grupos de aminoácidos, substâncias húmicas, extratos de algas, extratos vegetais e outros princípios ou agentes orgânicos aprovados [38].

As exigências, especificações e garantias mínimas destes produtos estão centradas na composição de macronutrientes primários (nitrogênio, fósforo e potássio), macronutrientes secundários (cálcio, magnésio e enxofre), micronutrientes (boro, cloro, cobalto etc.) e moléculas bioativas (aminoácidos livres, ácido húmico, etc.), dependendo do enquadramento em questão. Para biofertilizantes de algas, a molécula bioativa exigida é o ácido algínico em quantidades de 1 e 5 por cento da massa para o fluido e sólido, respectivamente. Para extratos de *Ecklonia máxima* obtido por extração física, o teor mínimo de ácido algínico para produtos fluídos ou sólidos é de no mínimo 0,5 % [38].

No entanto, ácido algínico e seus derivados são polissacarídeos sulfatados constituintes da matriz extracelular exclusivos das algas marrons, sendo, portanto, ausentes nas algas verdes e vermelhas. Dado que o Brasil atualmente explora principalmente as algas vermelhas (Rhodophyta) nesse contexto, em específico a espécie exótica *Kappaphycus alvarezii*, entende-se a necessidade de atualizar esta especificação para que produtos derivados de outras algas, que não produzem alginato, sejam registrados e devidamente incluídos no mercado [39].

De todo modo, atualmente o Brasil conta com iniciativas crescentes no desenvolvimento de bioinsumos agrícolas a base de algas, lideradas por diversos agentes de inovação (startups, empresas, algicultores, universidades, etc.). Dentre elas, pode-se citar como exemplo o projeto “Produção de biomassa de *Hypnea pseudomusciformis* (Rhodophyta) para indústria de bioestimulantes de crescimento vegetal aplicados à Agricultura”, apoiado pela Faculdade de Ciências Agrárias do Vale do Ribeira da UNESP e financiado pelo PIPE FAPESP Fase 1 em 2022 [40]. Além desse, o projeto “Bioestimulante de microalgas na agricultura”, do estado do Paraná, foi contemplado pelo Edital Catalisa ICT do Sebrae [41]. Há também a iniciativa “Otimização da produção e efetividade do biofertilizante de algas marinhas”, cujo foco é desenvolver formulações de extratos de *Kappaphycus alvarezii*, coordenada pela Escola de Química da UFRJ e com financiamento do Parque Tecnológico da UFRJ via Projetos Especiais 2021 [42].

Apesar da crescente importância, o uso dos extratos de algas como bioestimulantes não deve ser visto como uma alternativa substituta dos fertilizantes, mas ser consorciado aos mesmos para melhorar sua eficiência [29].

Iniciativas do Instituto SENAI de Inovação em Biossintéticos e Fibras do SENAI CETIQT

O desenvolvimento de novos produtos a partir de insumos marinhos renováveis já é objeto de pesquisa do Instituto. Em parceria com pesquisadores do Laboratório de Glicoconjugados do Instituto de Bioquímica Médica da UFRJ, foi construída planta piloto multipropósito e containerizada, hoje localizada na unidade Parque Tecnológico da UFRJ. Atualmente, ela está sendo empregada para o desenvolvimento de medicamento antimetastático a partir de vieiras, também em conjunto com o laboratório de Maricultura Sustentável da UERJ [43]. Todavia, vislumbra-se o uso desta biorrefinaria piloto para co-produção de biofertilizantes, polissacarídeos sulfatados e biomoléculas ativas para atender todos os setores da indústria, do agro ao farmacêutico.

Nos últimos anos, o ISI Biossintéticos e Fibras também tem trabalhado com parceiros internacionais na avaliação técnica-econômica-financeira de biorrefinarias de macroalgas. O desenvolvimento em inclui a prospecção tecnológica de processos e produtos, prototipagem, caracterização de produtos e validação de processos. Dentro desta frente, destaca-se a recente publicação de um estudo realizado junto com pesquisadores da UERJ e UFRJ (não relacionado à empresa mencionada anteriormente), que teve como objetivo investigar a viabilidade econômica de uma biorrefinaria de *Sargassum muticum*, uma macroalga nativa da Ásia que é espécie invasora nas costas da América do Norte e Europa, na co-geração de bioestimulante, biocarvão, biogás, fucoídano e alginato. Foi aplicada uma metodologia de modelagem de processos de duas unidades de conversão, a primeira envolvendo a produção de biogás e geração de energia elétrica, e a segunda contemplando a geração de resíduos sólidos de algas marinhas para comercialização como fertilizantes. O trabalho apurou uma reduzida atratividade econômica da geração de eletricidade a partir de biogás, e que o preço do fertilizante orgânico exerceu influência no segundo projeto avaliado [44].

Além disso, o ISI em Biossintéticos e Fibras dispõe de infraestrutura de ponta para apoiar no desenvolvimento de novas formulações de biofertilizantes e bioestimulantes. A planta piloto mencionada poderia ser empregada para este fim, assim como toda seu maquinário de reatores e biorreatores de escala laboratorial a piloto. Portanto, o Instituto pode auxiliar na promoção de diferentes produtos que favoreçam o crescimento das plantas, contribuindo para uma complementação da indústria de nutrição de plantas. O Instituto possui parceiros, como o Departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, o que permite testar a eficácia de aplicação desses produtos em casas de vegetação e em campo.

No que diz respeito a controle de qualidade, a central analítica do Instituto está desenvolvendo metodologia analítica para análise de fitohormônios (citocininas, giberelinas, auxinas, entre outros), aminoácidos e lipídeos como solução a universidade e indústria por meio de projetos de co-desenvolvimento e prestação de serviço. O Instituto conta com uma plataforma robusta de sequenciamento genômico (Sanger, Illumina e Pacbio) e de expertise em bioinformática, de modo a complementar nossa atuação nas áreas de genômica funcional, metagenômica, transcriptômica e outras.

Para mais informações sobre esta iniciativa entre em contato conosco pelo e-mail isibios@cetiqt.senai.br.

Referências

- [1] CEPEA-Esalq/USP, “PIB do Agronegócio Brasileiro”, *Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada*, 16 de março de 2022. <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx> (acessado 25 de março de 2022).
- [2] CNA, “Panorama do Agro”, *Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil*, novembro de 2021. <https://www.cnabrazil.org.br/cna/panorama-do-agro> (acessado 25 de março de 2022).
- [3] E. Contini e A. Aragão, “O agro brasileiro alimenta 800 milhões de pessoas, diz estudo da Embrapa”, *Notícias*, 4 de março de 2021. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/59784047/o-agro-brasileiro-alimenta-800-milhoes-de-pessoas-diz-estudo-da-embrapa> (acessado 25 de março de 2022).
- [4] Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos, “Plano Nacional de Fertilizantes 2050 - Uma Estratégia para os Fertilizantes no Brasil”. 2021. Acessado: 23 de março de 2022. [Online]. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2022/03/plano-nacional-de-fertilizantes-brasil-2050.pdf>
- [5] Embrapa, “Megatendência - Intensificação e sustentabilidade”, *Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira*, 2022. <https://www.embrapa.br/visao/intensificacao-e-sustentabilidade-dos-sistemas-de-producao-agricolas> (acessado 28 de março de 2022).
- [6] Brasil, “DECRETO Nº 4.954”, *Presidência da República*, 14 de janeiro de 2004. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d4954.htm (acessado 25 de março de 2022).
- [7] H. W. Scherer *et al.*, “Fertilizers”, em *Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 4º ed, Weinheim, Germany: John Wiley & Sons, Ltd, 2000. doi: 10.1002/14356007.a10_323.
- [8] V. P. Dias e E. Fernandes, “Fertilizantes: uma visão global sintética”, *BNDES Setorial*, nº 24, set. 2006, Acessado: 25 de março de 2022. [Online]. Disponível em: <http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/2657>
- [9] E. Guimarães, “Nutrição Animal e a produção de grãos no Brasil”, *Animal Business Brasil*, 25 de janeiro de 2018. <https://animalbusiness.com.br/colunas/zootecnia/nutricao-animal-e-producao-de-graos-no-brasil/> (acessado 28 de março de 2022).
- [10] L. M. da Costa e M. F. de O. e Silva, “A indústria química e o setor de fertilizantes”, BNDES, Brasil, 2012. Acessado: 28 de março de 2022. [Online]. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2025/1/A%20ind%C3%BAstria%20qu%C3%ADmica%20e%20o%20setor%20de%20fertilizantes_P_A.pdf
- [11] J. S. Gonçalves, C. R. R. P. T. Ferreira, e S. A. M. Souza, “Produção nacional de fertilizantes, processo de desconcentração regional e maior dependência externa”, *Informações Econômica*, vol. 38, nº 8, p. 79–91, ago. 2008.
- [12] V. Konchinski, “Petrobras fecha fábricas e expõe Brasil à falta de fertilizantes russos durante guerra”, *Brasil de Fato*, 2 de março de 2022. <https://www.brasildefato.com.br/2022/03/02/petrobras-fecha-fabricas-e-expoe-brasil-a-falta-de-fertilizantes-russos-durante-guerra> (acessado 28 de março de 2022).
- [13] M. Valverde, “Importações de fertilizantes e adubos batem o recorde no Brasil”, *Diário do Comércio*, 1º de fevereiro de 2022. <https://diariodocomercio.com.br/agronegocio/importacoes-de-fertilizantes-e-adubos-batem-o-recorde-no-brasil/> (acessado 14 de março de 2022).

Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

- [26] S. Fontes, “Unigel vai produzir hidrogênio verde no país a partir de 2023”, *Valor Econômico*, 23 de dezembro de 2021. <https://valor.globo.com/empresas/noticia/2021/12/23/unigel-vai-produzir-hidrogenio-verde-no-pais-a-partir-de-2023.ghtml> (acessado 23 de março de 2022).
- [27] S. C. Timpani, “Raízen assina primeiro contrato de biogás na transição energética”, *Canasol*, 23 de setembro de 2021. <https://canasol.com.br/raizen-assina-primeiro-contrato-de-biogas-na-transicao-energetica/> (acessado 23 de março de 2022).
- [28] SENAI CETIQT, “Bioeconomia Marinha: oportunidades no contexto brasileiro”, *Notícias*, 22 de novembro de 2021. <https://senaicetiqt.com/bioeconomia-marinha-oportunidades-no-contexto-brasileiro/> (acessado 23 de março de 2022).
- [29] M. E. M. El Boukhari, M. Barakate, Y. Bouhia, e K. Lyamlouli, “Trends in Seaweed Extract Based Biostimulants: Manufacturing Process and Beneficial Effect on Soil-Plant Systems”, *Plants*, vol. 9, nº 3, mar. 2020, doi: 10.3390/plants9030359.
- [30] P. Neushul, “Seaweed for War: California’s World War I Kelp Industry”, *Technol. Cult.*, vol. 30, nº 3, p. 561–583, 1989, doi: 10.2307/3105951.
- [31] Stichting Noordzeeboerderij e North Sea Farm Foundation, “Identification of the seaweed biostimulant market (phase 1)”. 2018. Acessado: 23 de março de 2022. [Online]. Disponível em: https://www.noordzeeboerderij.nl/public/documents/Bio4safe_WP1_D111_Seaweed-Biostimulants-Market-Study_2018.pdf
- [32] V. do R. Rosa *et al.*, “Increased soybean tolerance to water deficiency through biostimulant based on fulvic acids and *Ascophyllum nodosum* (L.) seaweed extract”, *Plant Physiol. Biochem.*, vol. 158, p. 228–243, jan. 2021, doi: 10.1016/j.plaphy.2020.11.008.
- [33] Z. A. Noli, Suwirman, Aisyah, e P. Aliyanti, “Effect of liquid seaweed extracts as biostimulant on vegetative growth of soybean”, *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 759, nº 1, p. 012029, maio 2021, doi: 10.1088/1755-1315/759/1/012029.
- [34] H. Mostafa, “Impact of Garlic Oil, Seaweed Extract and Imazalil on Keeping Quality of Valencia Orange Fruits During Cold Storage”, *J. Hortic. Sci. Orn. Plants* 6 3 116-125 2014, vol. 6, p. 116–125, jan. 2014, doi: 10.5829/idosi.jhsop.2014.6.3.1145.
- [35] D. Chen *et al.*, “Effects of Seaweed Extracts on the Growth, Physiological Activity, Cane Yield and Sucrose Content of Sugarcane in China”, *Front. Plant Sci.*, vol. 12, 2021, Acessado: 11 de abril de 2022. [Online]. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2021.659130>
- [36] Khanjan *et al.*, “Crop stage selection is vital to elicit optimal response of maize to seaweed biostimulant application”, *J. Appl. Phycol.*, 2017, Acessado: 18 de abril de 2022. [Online]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-017-1118-2>
- [37] T. Arioli, S. W. Mattner, G. Hepworth, D. McClintock, e R. McClinock, “Effect of seaweed extract application on wine grape yield in Australia”, *J. Appl. Phycol.*, vol. 33, nº 3, p. 1883–1891, jun. 2021, doi: 10.1007/s10811-021-02423-1.
- [38] Imprensa Nacional, “INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 61, DE 8 DE JULHO DE 2020”, *Diário Oficial da União*, 8 de julho de 2020. <https://www.in.gov.br/web/dou> (acessado 18 de abril de 2022).
- [39] L. Hayashi e R. P. Reis, “Cultivation of the red algae *Kappaphycus alvarezii* in Brazil and its pharmacological potential”, *Rev. Bras. Farmacogn.*, vol. 22, p. 748–752, ago. 2012, doi: 10.1590/S0102-695X2012005000055.
- [40] FAPESP, “Pesquisa e Inovação: Produção de biomassa de *Hypnea pseudomusciformis* (Rhodophyta) para indústria de bioestimulantes de crescimento vegetal aplicados à agricultura”, *Projetos*, 2021.

Como a bioeconomia azul pode apoiar na redução da dependência nacional de fertilizantes no Brasil? O caso das algas marinhas

<https://bv.fapesp.br/pt/auxilios/108620/producao-de-biomassa-de-hypnea-pseudomusciformis-rhodophyta-para-industria-de-bioestimulantes-de-cre/> (acessado 18 de abril de 2022).

- [41] Catalisa ICT, “Resultado do Edital CATALISA ICT de Planos de Inovação”. 2022. Acessado: 18 de abril de 2022. [Online]. Disponível em: https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Catalisa/ICT/Selecionados_270_planos_de_inova%C3%A7%C3%A3o.pdf
- [42] Parque Tecnológico UFRJ, “Projeto apoiado pelo Parque transforma alga marinha em biofertilizante”, *Notícias*, 31 de janeiro de 2022. <https://www.parque.ufrj.br/projeto-apoiado-pelo-parque-transforma-alga-marinha-em-biofertilizante/> (acessado 18 de abril de 2022).
- [43] C. Lopes, “SENAI CETIQT atua em parceria com pesquisadores da Universidade Federal do Rio de Janeiro e da Universidade Estadual do Rio de Janeiro no desenvolvimento de medicamento antimetastático”, *Notícias*, 11 de fevereiro de 2022. <https://senaicetiqt.com/senai-cetiqt-atua-em-parceria-com-pesquisadores-da-universidade-federal-do-rio-de-janeiro-e-da-universidade-estadual-do-rio-de-janeiro-no-desenvolvimento-de-medicamento-antimetastatico/> (acessado 29 de março de 2022).
- [44] I. N. Caxiano *et al.*, “Continuous design and economic analysis of a *Sargassum muticum* biorefinery process”, *Bioresour. Technol.*, vol. 343, p. 126152, jan. 2022, doi: 10.1016/j.biortech.2021.126152.