



Cenários Prospectivos para a Produção de derivados de *Moringa oleifera*: Uma Abordagem Sistêmica

Prospective Scenarios for the Production of *Moringa oleifera* Derivatives: A Systemic Approach

Estevão Freire,^{a,*} Katia M. Novack,^{b,c} Tânia M. S. Melo,^b Cristiane M. Finzi-Quintão,^{c,d} Mariana S. Gualberto^d

^aUniversidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, CEP 21941-909, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

^bUniversidade Federal de Ouro Preto, ICEB, DEQUI, Campus Morro do Cruzeiro, CEP 35400-000, Ouro Preto-MG, Brasil

^cRede Temática em Engenharia de Materiais, Ouro Preto-MG, Brasil

^d Universidade Federal de São João Del-Rei, Departamento de Engenharia Química, CEP: 36307-352, Ouro Branco-MG, Brasil

*E-mail: estevao@eq.ufrj.br

Recebido em: 5 de Fevereiro de 2022

Aceito em: 7 de Abril de 2022

Publicado online: 6 de Maio de 2022

Obtaining bioproducts from renewable sources from agroforestry and agro-industrial residues has been boosted in recent years due to limited availability of fossil sources and the global environmental concern. Among the raw materials, *Moringa oleifera* stands out, a tree native to India and present in several countries, including Brazil. From different parts of the tree, high value-added products can be obtained, such as drugs, biopesticides and bioplastics. The present work consisted of an analysis of patent documents, articles and sector reports, related to the production of bioplastics, more specifically polyurethane foams. Based on the data collected, a sectoral analysis of strengths, weaknesses, opportunities and threats (SWOT) was carried out related to the potential for obtaining bioplastics from moringa derivatives, which was complemented with PESTEL analysis (involving political, economic, social, environmental and legislation aspects). The results showed that despite the low production of patents in the area of bioplastics from *Moringa* derivatives, there is an opportunity in Brazil for the production of drugs and food, considering the great versatility of *Moringa* cultivation and of obtaining products, combined with policies that boost the bioeconomy in Brazil.

Keywords: Bioplastics; *Moringa oleifera*; polyurethane; SWOT analysis; PESTEL analysis

1. Introdução

Os resíduos gerados no sistema agroflorestal se tornaram um grande problema ambiental global, causando impactos negativos em vários meios, como solo e água, resultando em demanda biológica excessiva de oxigênio, demanda química de oxigênio, solo estéril e eutrofização.^{1,2}

A produção de polímeros a partir de resíduos agroflorestais apresenta diversas vantagens, como a redução da sua dependência de recursos fósseis e a redução das emissões de gases de efeito estufa. Em 2019, as capacidades globais de produção de bioplásticos alcançaram 2,11 milhões de toneladas, o que correspondeu a cerca de 1% de todo plástico produzido. Isto exigiu aproximadamente 0,79 milhão de hectares de terra para cultivar a matéria-prima renovável. A superfície terrestre necessária para cultivar as matérias-primas para a produção atual de bioplásticos é de cerca de 0,02% da área agrícola global de um total de 4,8 bilhões de hectares, sem haver interferência na produção de alimentos. No entanto, a indústria de bioplásticos também está pesquisando o uso de culturas não alimentares, como matérias-primas lignocelulósicas e resíduos orgânicos.³ Estima-se que a capacidade de produção de bioplásticos aumente para 2,87 milhões de toneladas até 2025.⁴

Os bioplásticos são usados em um número cada vez maior de mercados, desde embalagens, produtos de *catering*, eletroeletrônicos, automotivo, agricultura/horticultura, brinquedos, têxteis, entre outros segmentos. O setor de embalagens continua sendo o maior campo de aplicação de bioplásticos, com mais de 53% (1,14 milhão de toneladas) do mercado total de bioplásticos em 2019.²

Dentre as fontes de matérias-primas de origem vegetal para produção de biopolímeros, destaca-se a *Moringa oleifera*. A *Moringa* é uma árvore nativa do noroeste da Índia, e está presente em diversos países, como Filipinas, Tailândia, Malásia e Paquistão, entre outros. No Brasil, desenvolve-se adequadamente, estando presente em várias regiões, preferencialmente no Nordeste, podendo ser plantada em áreas com baixa pluviosidade.⁵ Cada árvore pode produzir entre 15.000 e 25.000 sementes/ano. O peso médio é de 0,3 g/semente.⁶ Diferentes partes da árvore *Moringa oleifera* possuem propriedades medicinais: folhas ajudam a controlar o açúcar no sangue e o nível de colesterol, além de poderem ser usadas como nutrientes suplementares; a goma pode ser usada como aglutinante de comprimidos; na indústria de cosméticos, por

meio do óleo extraído das sementes; como matéria-prima para produção de biocombustível e no tratamento de água para uso humano.⁷

As gomas à base de plantas, assim como seus derivados, são amplamente empregadas em diversas indústrias, como alimentícias e farmacêuticas devido às suas características, como biodegradabilidade, biocompatibilidade e não toxicidade. Consistem de um líquido espesso, que endurece na presença da luz solar e do ar, e que são gerados como mecanismos de defesa em caso de lesões ou condições de crescimento desfavoráveis. Quimicamente, as gomas naturais compreendem sais de açúcares, por exemplo, L-arabinose, D-galactose, L-ramnose e ácido D-glucurônico.⁸ Diversos trabalhos têm sido publicados na literatura sobre o desenvolvimento de materiais usando as diversas partes da árvore *Moringa oleifera*, tais como compósitos poliméricos⁹ e como agente retardador de chama.¹⁰

As sementes de *Moringa oleifera* apresentam cerca de 38% em massa de ácidos graxos, compostos majoritariamente de ácido oleico, contendo também ácido linoleico, ácido palmítico e ácido esteárico, em proporções que dependem da origem da semente. O ácido oleico possui alta estabilidade devido à sua baixa insaturação e este fato favorece processos de produção de polímeros, tais como poliuretanos.^{11,12,13}

O estabelecimento de cenários prospectivos pode ser feito por meio do uso de ferramentas do tipo análise SWOT (forças, fraquezas, oportunidades e ameaças), e PESTEL (Política (P), Economia (E), Social (S), Tecnologia (T), *Environment* (E) ou Ambiente e Legislação (L)). Na análise SWOT, os pontos fortes incluem capacidades internas, recursos e fatores que podem favorecer uma empresa ou setor industrial. As fraquezas incluem limitações internas e fatores situacionais negativos que podem interferir no desempenho do setor. As oportunidades são fatores ou tendências favoráveis no ambiente externo que o setor pode ser capaz de explorar a seu favor, e as ameaças são fatores externos desfavoráveis ou tendências que podem apresentar desafios para o setor.¹⁴ Este método foi originalmente desenvolvido para análise de *marketing* e negócios, mas pode ser utilizado para análise estratégica de diversas áreas, como, por exemplo, do setor de energia.¹⁵ A análise PESTEL ajuda a trazer uma visão global das ameaças e oportunidades externas a que empresas ou setores estão expostos, e permite visualizar um direcionamento na avaliação de estratégias e dos melhores caminhos a serem seguidos, auxiliando a detectar oportunidades.¹⁶

Este trabalho teve o objetivo de investigar e mapear aspectos relacionados ao uso de derivados da *Moringa oleifera* em bioplásticos e identificar cenários para uso de seus derivados por meio de análises SWOT e PESTEL.

2. Experimental

Neste trabalho, foi empregada uma metodologia utilizando análise prospectiva, complementada pela

análise SWOT e PESTEL. O mercado consumidor, a indústria de transformação, aspectos regulatórios e políticas governamentais foram analisados em uma abordagem sistêmica. Foi utilizado um método de abordagem qualitativa, baseado em dados secundários, que são informações pré-existent sobre a *Moringa oleifera* no contexto da cadeia produtiva, oriundas de pesquisas em bases documentais e bibliográficas, e em sites de associações privadas e do governo. Além disso, foram identificados os grupos de pesquisa em *Moringa oleifera*, por meio de pesquisa no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq,¹⁷ utilizando como palavra-chave “*Moringa oleifera*”.

Inicialmente, foi realizada a prospecção em bases de dados científicos e de patentes; nesta fase, buscou-se identificar artigos e patentes que fossem relacionados à obtenção de bioplásticos em geral e poliuretano a partir de *Moringa oleifera*. A base de dados de artigos técnico-científicos usada foi Scopus,¹⁸ que se constitui no maior banco de dados de resumos e citações da literatura com revisão por pares: revistas científicas, livros e congressos, oferecendo um panorama abrangente da produção de pesquisas do mundo em diversas áreas da ciência e tecnologia. As bases de dados usadas para a busca de documentos de patentes foi *Espacenet*¹⁹ e o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).²⁰ O *Espacenet* é uma base de dados atualizada diariamente, contendo dados sobre mais de 130 milhões de documentos de patentes de todo o mundo. A base de dados do INPI permite a busca básica ou avançada, e contém os documentos de patentes depositados, no Brasil, concedidos ou não. Posteriormente, foi feita a alocação das informações coletadas nos campos da análise SWOT e PESTEL. A partir da análise dos documentos de patente e artigos, bem como relatórios setoriais e de mercado, foram identificadas as forças, fraquezas, oportunidades e ameaças para o desenvolvimento de aplicações de derivados da *Moringa oleifera* em bioplásticos e poliuretanos. Na análise PESTEL foram identificados e alocados os aspectos sociais, de regulamentação, tecnológicos, ambientais e de legislação para o desenvolvimento de poliuretanos a partir de *Moringa oleifera*.

A análise prospectiva foi complementada na busca e identificação de grupos de pesquisa certificados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq, atuantes em pesquisas com *Moringa oleifera*, usando como palavras-chave o termo “*moringa oleifera*”.

3. Resultados e Discussão

As informações obtidas de documentos de patentes permitem acompanhar o progresso das tecnologias emergentes, encontrar soluções para problemas técnicos e acompanhar a evolução de determinada tecnologia ou campo tecnológico.

No site *Espacenet* foi pesquisado inicialmente na

aba “Classification Search” utilizando como palavras-chave “moringa biop*”. Identificou-se o código CPC de classificação internacional A 61K 2300/00 – “Misturas ou combinações de ingredientes ativos, em que pelo menos um ingrediente ativo é totalmente definido em grupos” e foram encontrados 8.361 documentos. Acrescentando o termo “polyurethane” na busca avançada, encontrou-se 22 documentos, a maioria tratando da área de fármacos. O período da pesquisa foi de 1970 a 2022.

Na mesma aba “Classification Search”, utilizando como palavras-chave “moringa oleifera biop*”, identificou-se o código CPC de classificação internacional C08J 2393/00 – “Caracterizado pelo uso de resinas naturais; derivados dos mesmos”, onde foram encontrados 100 documentos, desde 1927.

Realizando a busca por palavras-chave no modo busca rápida, obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 1.

Os resultados da análise prospectiva nas bases de dados *Scopus*, *Espacenet* e INPI estão apresentados a seguir.

3.1. Análise dos documentos encontrados na base Scopus

Os resultados mostraram que 58% dos artigos encontrados eram relacionados à aplicações na área médica/farmacêutica, vindo depois a área de tratamento de água, com 11% dos artigos; seguindo-se o uso da moringa como alimento com 9,4%. O uso em polímeros teve 7% dos artigos, sendo que os artigos não tratavam da síntese de biopolímeros.

3.2. Análise de documentos de patentes

A busca na base de dados do INPI resultou em uma patente relacionada à síntese de polímeros a partir de *Moringa oleifera*, especificamente de poliuretano - BR 10 2019 023786 4, publicada em 25/05/2021, intitulada “Produção de Espuma de Poliuretano a Partir do Óleo de Semente da Espécie Moringa Oleifera Lam”.²¹ Os titulares são Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), Universidade Federal de São João del Rey (UFSJ) e Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). O pedido de patente de invenção refere-se a espumas semirrígidas de poliuretano poroso oriundo de reações de poliadição entre um polioliol proveniente do óleo da semente de *Moringa oleifera* e o 4-4-difenilmetanodiisocianato. A espuma uretânica produzida apresentou perfil de degradação térmica de elevada resistência.

A busca na base de dados *Espacenet* resultou em duas patentes relacionadas ao uso de *Moringa oleifera* em polímeros:

- US 2015/0141555 A1, da Texchem Polymers SDN BHD, publicada em 21/05/2015, intitulada “Thermoplastic starch composition derived from agricultural waste”²², trata da composição de amido termoplástico que inclui sementes de *Moringa oleifera* moída pré-misturada com plastificante e agente de acoplamento.
- CN202010979209A, da Suzhou Yanxin New Mat Co LTD, publicada em 17/09/2020, intitulada “Epoxy moringa oil-based waterborne polyurethane adhesive and preparation method thereof”.²³ A invenção fornece um adesivo a base de poliuretano desenvolvido a partir de polioliol de óleo de moringa e a síntese com diisocianato de tolueno e outras substâncias.

Além dos documentos citados, outros artigos e documentos resultantes das pesquisas em bases documentais e bibliográficas em sites de associações privadas e do governo foram coletados e organizados na forma de tópicos que estão apresentados a seguir, e que irão compor posteriormente as análises SWOT e PESTEL”.

3.3. Análise dos grupos de pesquisa do CNPq

Foram identificados cinco Grupos Certificados cadastrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq - „Grupo de Processos e Análises Químicas - GPAQ“ (criado em 2006), da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, cuja linha de pesquisa é “Uso de sementes de *Moringa oleifera* no tratamento de água”; “Centro de Pesquisa em Polímeros, Oleoquímicos, Emulsões, Nanotecnologia e Compósitos” (criado em 2000), da Universidade Federal de São João Del-Rei – UFSJ, tendo as linhas de pesquisa “Extratos e frações da *Moringa oleifera*” e “Potencial alopático da *Moringa oleifera*”; “Núcleo Mineiro de Pesquisa da Moringa Oleifera” (criado em 2018), da Universidade Federal de São João Del-Rei – UFSJ, com a linha de pesquisa “Produção de extratos de *Moringa oleifera*”; “Química Sustentável” (criada em 2013), da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – UERN, com a linha de pesquisa “Uso do óleo de *Moringa oleifera* para produção de lubrificantes industriais” e “Valorização Química e Energética da Biomassa” (criado em 2006), da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, com a linha de pesquisa “Obtenção de biodiesel a partir do processo heterogêneo, utilizando etanol e óleo de *Moringa oleifera*”.

Tabela 1. Parâmetros de análise das bases de dados pesquisadas

Base de dados	Palavra-chave	campo	Período ^a	Resultados
Scopus	“moringa biop*”	Title/Abstract/Keywords	2007-2022 ^b	103
Espacenet	“moringa biop*”	Title/Abstract	1994-2022 ^b	495
Espacenet	“moringa polyurethane”	Title/Abstract	2000-2022 ^b	329
INPI	Moringa oleifera	resumo	2006-2020 ^b	25

^aperíodo de busca pesquisado; ^bdata da publicação

Dos cinco grupos de pesquisa identificados, apenas os dois grupos da UFSJ produziram trabalhos utilizando a *Moringa* como fonte de biomassa para a produção de bioplásticos.

3.4. Análise SWOT

A análise SWOT é uma técnica de planejamento estratégico em que são identificados os principais pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças. A análise SWOT foi usada pela primeira vez para analisar negócios. Agora é frequentemente usado por governos, organizações sem fins lucrativos e indivíduos, incluindo investidores e empreendedores.²⁴ Os fatores internos ao setor são analisados como forças e fraquezas; os fatores externos ao setor analisados como oportunidades e ameaças, e são descritos a seguir:

Forças - Os pontos fortes descrevem em que o setor se destaca e as suas vantagens competitivas. Foram identificados os seguintes aspectos:

- Derivados da *Moringa oleifera* podem ser transformados em diferentes produtos de alto valor agregado, inseridos em uma plataforma de biorrefinaria²⁵ considerando a produção de fármacos e biocombustíveis.
- A *Moringa oleifera* pode ser produzida no local que será utilizada por ser uma planta facilmente adaptável e de rápido crescimento,²⁶ o que facilita o acesso às populações mais afastadas dos centros urbanos.
- A *Moringa oleifera* é altamente resistente a longos períodos de estiagem e bem adaptada a uma ampla faixa de solos, porém se desenvolve melhor em terra preta bem drenada ou em terra preta argilosa, preferindo um solo neutro a levemente ácido, e responde muito bem à adubação e irrigação.⁶
- A produção de bioplásticos *drop-in*, ou seja, não biodegradáveis como o PU, que utiliza como fonte de matéria-prima óleos de semente de *Moringa oleifera*. As espumas de poliuretano (PUF) têm amplo uso em diversos campos industriais, como automóveis, móveis, materiais de isolamento acústico, materiais estruturais leves, e materiais de amortecimento devido às suas vantagens, como baixo custo, baixa densidade e fabricação fácil. Espumas de PUF, preparadas por polimerização por adição entre álcoois e diisocianatos, exibem uma ampla gama de propriedades mecânicas dependendo dos seus reagentes.²⁷ Espumas de poliuretano podem ser usadas também como precursor para o desenvolvimento de adsorventes à base de poliuretano para a remediação de contaminantes em sistemas aquosos, utilizando goma de *Moringa oleifera* purificada (MOG)^{28,29}
- A goma da *Moringa oleifera* (MOG), sendo um polissacarídeo, possui características tais como: não toxicidade, biocompatibilidade e baixo custo.²¹ São capazes de reter água para formar hidrogéis, para uso em liberação controlada de drogas,⁸ e em material curativo, a

partir de sementes de *Moringa oleifera* e polivinil álcool (MSP/PVA).³⁰

- A produção de nanocompósitos de argila-polímero utilizando polímero biodegradável de goma *Moringa oleifera*³¹ e a redução da inflamabilidade de filmes modificados com goma derivada de *Moringa oleifera*³² representam usos em materiais.
- O óleo de *Moringa oleifera* e seu polímero (PMO) obtido por micro-ondas em misturas de plásticos pós-consumo, como LPDE com PBAT/PLA, resulta em maior capacidade de biodegradação em até 31%, e a resistência térmica em até 10%, além do aumento da ductilidade da mistura de LDPE com PLA/PBAT.³³

Fraquezas - As fraquezas são áreas ou subáreas que o setor necessita melhorar para que o setor se mantenha competitivo. Neste item foram identificadas as seguintes fraquezas:

- A desvantagem de usar *Moringa oleifera* para aplicações energéticas é a necessidade de cultivo em larga escala para atender demanda do produto e alcançar a viabilidade econômica.²⁵
- Custos mais altos de produção de bioplásticos em relação a plásticos convencionais.

Oportunidades - as oportunidades referem-se a fatores externos favoráveis que podem conferir ao setor uma vantagem competitiva, como por exemplo atingimento de novos mercados. Para este item foram identificados os seguintes aspectos:

- Devido ao seu amplo escopo de aplicação, espera-se que as espumas de poliuretano tenham uma demanda significativa na indústria automotiva da Ásia-Pacífico.³⁴ Além disso, o aumento da demanda por espaço residencial e comercial em países do Sudeste Asiático, como Cingapura, Coreia e Indonésia, deve impulsionar a demanda de produtos em construção civil. Países com altas taxas de crescimento do PIB, como China e Índia, deverão apresentar uma rápida expansão nos setores automotivo, de construção, farmacêutico e manufatureiro, que, em consequência, estimularão a demanda por espuma de polímero em várias aplicações relacionadas.³⁴ Por outro lado, as espumas de poliestireno tiveram 37% do mercado em 2020, e são usadas principalmente para embalagens, enquanto as espumas de poliolefinas representaram 7% do mercado com uso em automóveis, calçados, embalagens e algumas aplicações adicionais menores.^{35,36}
- Os avanços da manufatura aditiva para espuma de poliuretano permitem a impressão de produtos em tamanhos e formatos customizados para aplicações em embalagens; assim, potencializando ainda mais o crescimento do mercado. As principais empresas do setor de espuma de polímero são BASF SE, Dow Inc., Kaneka Corporation, Recticel, Rogers Corporation, Huntsman Corporation, Covestro AG e Sealed Air Corporation.³⁷

- c) O número de patentes relacionadas a produção de bioplásticos a partir da *Moringa oleifera* depositadas no Brasil é baixo, refletindo uma grande lacuna a ser preenchida em termos de pesquisa na área.
- d) A Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM) criou, em 2001, a Comissão Setorial de Poliuretanos, que reúne os maiores fabricantes de matérias-primas e componentes utilizados na produção de poliuretanos.³⁸
- e) A Resolução RE 1.478/2019, publicada no Diário Oficial da União de 04/06/2019, que trata da Vedação da Venda, Distribuição, Fabricação, Importação, Publicidade de produtos denominados e/ou constituídos da espécie *Moringa oleifera*, para uso como alimentos, por considerar que não há avaliação e comprovação da segurança do uso³⁹ pode acabar direcionando o seu uso no Brasil para aplicações já conhecidas, como farmacêuticas e no tratamento de água, quanto em bioplásticos. Ao mesmo tempo, estima-se-se que em 2050 a população mundial será de quase 10 bilhões, o que será seguido por um aumento na demanda por alimentos, energia e outros recursos. Em um contexto de bioeconomia, a utilização otimizada de resíduos agroflorestais é importante para produzir vários bioprodutos de valor agregado, além de biocombustíveis, como biodiesel e bioálcool, biogás e bioenergia.²
- f) Considerando o Objetivo 2 dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS)⁴⁰ – “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável”, produtos derivados da *Moringa* em países que não apresentem legislação restritiva ao uso como alimento, poderiam ser usados para atender a esse objetivo, mais especificamente à meta 2.1 – até 2030, acabar com a fome e garantir o acesso de todas as pessoas, em particular os pobres e pessoas em situações vulneráveis, incluindo crianças, a alimentos seguros, nutritivos e suficientes durante todo o ano.
- g) A *Moringa oleifera* tem grande potencial de uso na medicina, como exemplo, resíduos das folhas de *Moringa oleifera* têm sido utilizados para a produção de nanopartículas de ouro que são posteriormente utilizadas no tratamento do câncer.²
- h) As crescentes inovações tecnológicas em países em desenvolvimento como Índia, China e Indonésia são grandes fatores que estão impulsionando o crescimento de setores industriais que utilizam espumas poliméricas, como automotiva, construção civil, embalagens, roupas de cama e móveis.^{35,36} A previsão de crescimento do mercado de espumas poliméricas é de 4,9% considerando o período 2021- 2026.³⁴ Em 2020, as espumas de poliuretano tiveram a maior participação de mercado de espumas poliméricas com aproximadamente 51%. O poliuretano apresenta baixa densidade, baixo coeficiente de condução de calor e baixa absorção de água, o que o torna adequado para diversas espumas

de móveis e assentos de carro.³⁴ As espumas à base de poliuretano são amplamente utilizadas nas indústrias de construção civil, automotiva e marítima, além de serem usadas em sistemas de isolamento térmico de geladeiras, contêineres, geladeiras, dutos, tubulações, na fabricação de divisórias, pisos, telhas, automóveis, ônibus, aviões, entre outros.³³

Ameaças - Ameaças referem-se a fatores que têm o potencial de prejudicar o setor ou suas subáreas. Neste trabalho foram identificados os seguintes aspectos:

- a) Os principais fatores que poderiam impedir ou dificultar o uso da *Moringa oleifera* em poliuretanos, poderia ser a competição com outros tipos de biopolímeros obtidos por meio de outras espécies vegetais em setores industriais onde ele é utilizado, como por exemplo em embalagens para eletroeletrônicos.
- b) Legislação restritiva ao uso de derivados da *Moringa oleifera* para alimentos no caso do Brasil.

Neste trabalho, a análise SWOT foi combinada com uma análise PESTEL, que examina soluções externas como fatores políticos, econômicos, sociais e tecnológicos, os quais também podem ajudar a identificar riscos com antecedência.

3.5. Análise PESTEL

Ao contrário da Matriz SWOT, a análise PESTEL direciona-se diretamente aos fatores macro do ambiente externo que podem afetar o negócio. A análise PESTEL não considera os fatores internos da empresa; quando se trata de analisar fatores externos, trabalha com pilares que munem os tomadores de decisão com uma visão mais abrangente. Por isso, as duas metodologias foram utilizadas associadas; devido ao modelo que abrange diversos fatores, é possível dar maior ou menor peso a determinados elementos.

Fatores Políticos - referem-se ao grau de intervenção do governo.

- a) Subsídios ao cultivo local da moringa, nas regiões norte e nordeste;
- b) Incentivos governamentais, por meio de editais de agências de fomento, ao desenvolvimento tecnológico de bioplásticos, considerando o mercado crescente em diversos países emergentes.
- c) De acordo com o Objetivo 12 dos ODS, que é “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”, o aproveitamento da *Moringa oleifera* poderá auxiliar o cumprimento das metas 12.2 – até 2030, alcançar gestão sustentável e uso eficiente dos recursos naturais” e 12.3 – “até 2030, reduzir pela metade o desperdício de alimentos per capita mundial, em nível de varejo e do consumidor, e reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e abastecimento, incluindo as perdas pós-colheita”.⁴⁰

Fatores Econômicos - incluem aspectos como inflação, taxa de câmbio, taxa de emprego/desemprego e outros indicadores de crescimento econômico.

- Como o mercado de bioplásticos crescerá nos próximos anos dependerá fortemente no crescimento dos preços dos plásticos tradicionais. A produção também é influenciada outros fatores, como avanços técnicos, economias de escala e preços de matéria-prima⁴¹. Além disso, estratégias para promover alternativas renováveis aos plásticos de origem fóssil combustíveis mudarão drasticamente a demanda por bioplásticos.⁴²
- O aumento de impostos sobre produtos de origem fóssil pode contribuir para um aumento no preço dos plásticos tradicionais, causando maior interesse no mercado de bioplásticos.⁴¹
- O aumento da renda nos países de economia emergente poderá levar a um aumento da demanda por aparelhos eletrônicos e espumas para embalagens.
- Considerando o Objetivo 8 dos ODS – “Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos”, produtos derivados da *Moringa Oleifera* poderiam contribuir na inovação da produção de fármacos, de acordo com a meta 8.2. - atingir níveis mais elevados de produtividade das economias, por meio da diversificação, modernização tecnológica e inovação, inclusive por meio de um foco em setores de alto valor agregado e intensivos em mão-de-obra.⁴⁰

Fatores Sociais - incluem diferentes aspectos culturais e demográficos da sociedade que formam o macroambiente. Discute-se consciência de saúde e segurança, perfil etário e implicações no negócio.

- Desde os anos 1900, cerca de 75% da diversidade das colheitas tem sido perdida nos campos dos agricultores. O melhor uso da biodiversidade agrícola pode contribuir para dietas mais nutritivas, melhores meios de subsistência para comunidades agrícolas e sistemas agrícolas mais resilientes e sustentáveis.⁶
- A *Moringa* é uma solução simples e prontamente disponível para o problema da desnutrição. As folhas comestíveis são uma fonte ocasional de alimento em toda a África Ocidental e outras regiões dos trópicos e sub-trópicos. Como fonte de vitamina A e ferro, estão entre os melhores valores observados em hortaliças tropicais. Além disso, as folhas de *Moringa* oferecem quantidades muito significativas de vitamina C, vitaminas do complexo B, cálcio, proteína, potássio, magnésio, selênio, zinco e um bom equilíbrio de todos os aminoácidos essenciais.⁶

Fatores Tecnológicos - neste item busca-se entender as principais tendências tecnológicas que podem gerar oportunidades de entrada em mercados ainda pouco explorados.

A *Moringa oleifera* tem grande potencial para compor

a estrutura de sistemas produtivos, biodiversos, com a presença de espécies vegetais de diferentes ciclos, podendo haver ou não criação de animais, em consórcio ou em rotação. Estes sistemas são denominados Agroflorestas ou Sistemas Agroflorestais (SAF's). São sistemas resilientes, que podem resistir a possíveis distúrbios provocados por fenômenos naturais, além de auxiliar na diminuição da pobreza, fome e insegurança alimentar.⁴³

Fatores ambientais - dizem respeito à influência do meio ambiente e aos impactos ambientais; discutem-se aspectos relacionados à reciclagem, pegada de carbono, eliminação de resíduos e sustentabilidade.

- A *Moringa* é uma boa alternativa para gerar renda para pequenos agricultores e fornecer serviços ambientais por diminuir a erosão do solo e promover o tratamento de água, além de outros benefícios.⁴³ De acordo com o Objetivo 15 dos ODS – “Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra, e deter a perda de biodiversidade”, ela contribui com a diversificação da produção e melhor uso da terra, evitando a perda de solos devido ao seu hábito perene e crescimento rápido. Pode ser uma boa alternativa para projetos de reflorestamento, pois é uma excelente espécie para preparar o ambiente para as espécies de crescimento lento se estabelecerem com sucesso.
- A crescente preocupação ambiental pode impactar negativamente o crescimento do mercado de plásticos obtidos de fonte fóssil; por exemplo, o uso de plásticos reciclados e plásticos biodegradáveis podem substituir as espumas de poliestireno convencionais em aplicações de embalagens. Vários governos e agências federais estão cada vez mais preocupados com os efeitos prejudiciais à saúde das matérias-primas, como os isocianatos, utilizados na produção de poliuretano.³⁵ A maioria dos polióis que são usados na produção de PUF são derivados de matérias-primas de petróleo, mas a crescente preocupação com o impacto ambiental e a escassez de petróleo no futuro tem motivado o desenvolvimento de PUF a partir de matérias-primas renováveis. Produtos, como polióis verdes estão em crescimento na produção de PUF; como resultado, o mercado de biopolióis esteve próximo a US\$ 4,7 bilhões em 2021, sendo o mercado norte-americano o maior mercado para polióis verdes e de base biológica. Empresas como Dow Chemical, Bayer Material Science, BASF SE ou Shell Chemicals Ltd já estão comercializando polióis de base biológica. Além disso, uma extensa pesquisa tem sido concentrada no desenvolvimento de polióis a partir de fontes renováveis, como resíduos de biomassa, óleos vegetais ou subprodutos industriais.³⁶

Fatores legais – relacionados à legislação e aos impactos que mudanças nessa área possam ter sobre o setor.

A Portaria MCTI nº 3.877/2020 do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI)⁴⁴ instituiu, em outubro de 2020, o Programa Cadeias Produtivas da Bioeconomia do MCTI, que visa promover a pesquisa científica, o desenvolvimento tecnológico e a inovação para promover e agregar valor nas cadeias produtivas da biodiversidade brasileira. O objetivo do programa é o desenvolvimento de novos produtos, insumos e materiais dessas e para essas cadeias, contribuindo para o desenvolvimento sustentável das populações em todos os biomas brasileiros. A Portaria destaca que as cadeias produtivas de culturas que não são originárias da biodiversidade brasileira podem ser incluídas, desde que ajudem a promover o desenvolvimento tecnológico e a inovação para aproveitar oportunidades que melhorem a qualidade de vida das populações locais e promovam o desenvolvimento sustentável.

4. Conclusões

O trabalho mostrou a potencialidade de utilização de derivados da *Moringa oleifera* na produção de bioprodutos em diversos setores industriais, como automotivo, alimentos e na medicina. As análises SWOT e PESTEL destacaram a possibilidade de inserção desses produtos em uma plataforma de biorrefinaria e a produção de produtos *drop-in*. Para aplicações energéticas, derivados da *Moringa oleifera* podem ser considerados; entretanto existem oportunidades para o uso de derivados da *Moringa* no mundo relacionadas ao cumprimento de alguns dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável da ONU, como a eliminação da fome no mundo e garantir padrões de produção e consumo sustentáveis, contribuindo para a redução de impactos ambientais.

O mercado mundial de bioplásticos mostra-se crescente, especialmente espumas de poliuretano em países de economia emergente, existindo ainda uma grande lacuna em pesquisa e desenvolvimento desses produtos a partir de derivados da *Moringa oleifera*, dado o baixo número de grupos de pesquisa no Brasil e a baixa produção de patentes.

Agradecimentos

Os autores agradecem à PROPP-UFOP, DEQUI-UFOP, REDEMAT, UFSJ, UFRJ, FAPEMIG, CNPq.

Referências Bibliográficas

- Ghosh, T.; Das, T.; Purwar, R.; Moringa oleifera gum/poly(vinyl alcohol) blend solutions: Phase separation and rheological properties. *Materials Today: Proceedings* **2021**, *45*, 4799. [Crossref]
- Gupta, J.; Kumari, M.; Mishra, A.; Akram, M.; Thakur, I. S.; Agro-forestry waste management- A review. *Chemosphere* **2022**, *287*, 132321. [Crossref]
- Sítio da European Bioplastics. Disponível em <https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP_Facts_and_figures.pdf>. Acesso em: 10 dezembro 2021.
- Sítio da European Bioplastics. Disponível em <https://docs.european-bioplastics.org/conference/Report_Bioplastics_Market_Data_2020_short_version.pdf>. Acesso em: 10 dezembro 2021.
- Rodrigues, L. A.; Muniz, T. A.; Samarão, S. S.; Cyrino, A. E.; Qualidade de mudas de Moringa oleifera Lam. Cultivadas em substratos com fibra de coco verde e compostos orgânicos. *Revista Ceres* **2016**, *63*, 545. [Link]
- Honório, I. R.; *Trabalho de Conclusão de Curso*, Universidade de Brasília, 2019. [Link]
- Finzi-Quintão, C. M.; Novack, K. M.; Silva, C. B.; Silva, T. D.; Moreira, L. E. S.; Braga, L. E. M.; Biodegradation of Moringa oleifera's Polymer blends. *Environmental Technology* **2017**, *40*, 508. [Crossref]
- Badwaik, H. R.; Hoque, A. A.; Kumari, L.; Sakure, K.; Baghel, M.; Giri, T. K.; Review - Moringa gum and its modified form as a potential green polymer used in biomedical field. *Carbohydrate Polymers* **2020**, *249*, 116893. [Crossref]
- Nayak, S.; Khuntia, S. K. Development and study of properties of Moringa oleifera fruit fibers/ polyethylene terephthalate composites for packaging applications. *Composites Communications* **2019**, *15*, 113. [Crossref]
- Hazarika, A.; Deka, B. K.; Maji, T. K.; Melamine-Formaldehyde Acrylamide and Gum Polymer Impregnated Wood Polymer Nanocomposite. *Journal of Bionic Engineering* **2015**, *12*, 304. [Crossref]
- Finzi-Quintão, C. M.; Novack, K. M.; Silva, A. C. B.; Silva, T. D.; Moreira, L. E. S.; Braga, L. E. M.; Influence of Moringa oleifera derivatives in blends of PBAT/PLA with LDPE. *Polímeros* **2018**, *28*, 309. [Crossref]
- Ravikumar, K.; Udayakumar, J.; Preparation and characterisation of green clay-polymer nanocomposite for heavy metals removal. *Chemistry and Ecology* **2020**, *36*, 270. [Crossref]
- Finzi-Quintão, C. M.; Melo, T. M. S.; Silva, A. C. B.; Novack, K. M.; Moringa oleifera oil influence on biodegradation behaviour of polymers. *Environmental Technology* **2020**, *41*, 1245. [Crossref]
- Vlados, C.; On a correlative and evolutionary SWOT analysis. *Journal of Strategy and Management* **2019**, *12*, 347. [Crossref]
- Khalid Almutairi, K.; Dehshiri, S. J. H.; Dehshiri, S. S. H.; Mostafaeipour, A.; Xuan Hoa, A.; Techato, K.; Determination of optimal renewable energy growth strategies using SWOT analysis, hybrid MCDM methods, and game theory: A case study. *International Journal of Energy Resources* **2021**, *46*, 6766. [Crossref]
- Matovic, I. M.; PESTEL Analysis of External Environment as a Success Factor of Startup Business *Consciens Conference on Science and Society* **2020**, 96. [Link]
- Sítio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, disponível em <dgp.cnpq.br/dgp/faces/consulta/consulta_parametrizada.jsf>. Acesso em: 13 dezembro 2021.

18. Sítio da base de dados Scopus. Disponível em <<https://scopus.com>>. Acesso em: 15 janeiro 2022.
19. Sítio da base de dados Espacenet. Disponível em <<https://worldwide.espacenet.com>>. Acesso em: 9 janeiro 2022.
20. Sítio da base de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI. Disponível em <www.inpi.gov.br>. Acesso em: 20 janeiro 2022.
21. Finzi-Quintão, C. M.; Novack, K. M.; Freire, E.; Gualberto, M. S.; Rodrigues, K. S. B.; Silva, A. C. B.; Teixeira, I. B.; Melo, T. M. S.; INPI, BR 10 2019 023786 4, 2019. [[Link](#)]
22. Pun, M. Y.; USPTO, US 2015/0141555 A1, 21/05/2015. [[Link](#)]
23. Yuguang, L.; CN CN202010979209A, 17/09/2020. [[Link](#)]
24. Sítio do Investopedia. Disponível em <<https://www.investopedia.com/terms/s/swot.asp>>. Acesso em: 16 dezembro 2021.
25. Raman, J. K.; Alves, C. M.; Gnansounou, E.; A review on moringa tree and vetiver grass – Potential biorefinery feedstocks. *Bioresource Technology* **2018**, *249*, 1044. [[Crossref](#)]
26. Ganesh, K. S.; Sridhar, A.; Vishali, S.; Utilization of fruit and vegetable waste to produce value-added products: Conventional utilization and emerging opportunities-A review. *Chemosphere* **2022**, *287*, 132221. [[Crossref](#)]
27. Lee, J. H.; Kim, S. H.; Oh, K. W.; Bio-Based Polyurethane Foams with Castor Oil Based Multifunctional Polyols for Improved Compressive Properties. *Polymers* **2021**, *13*, 576. [[Crossref](#)]
28. Selvasembian, R.; Gwenzi, W.; Chaukura, N.; Mthembu, S.; Recent advances in the polyurethane-based adsorbents for the decontamination of hazardous wastewater pollutants. *Journal of Hazardous Materials* **2021**, *417*, 125960. [[Crossref](#)]
29. Ranotea, S.; Kumara, D.; Green synthesis of Moringa oleifera gum-based bifunctional polyurethane foam braced with ash for rapid and efficient dye removal. *Chemical Engineering Journal* **2019**, *361*, 1586. [[Crossref](#)]
30. Parwani, L.; Bhatnagar, M.; Bhatnagar, A.; Sharma, V.; Sharma, V.; Evaluation of Moringa oleifera seed biopolymer-PVA composite hydrogel in wound healing dressing. *Iranian Polymer Journal* **2016**, *25*, 919. [[Crossref](#)]
31. Ravikumar, K.; Udayakumar, J.; Moringa oleifera gum composite a novel material for heavy metals removal. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* **2021**, *101*, 1513. [[Crossref](#)]
32. Hazarika, A.; Maji, T. K.; Thermal decomposition kinetics, flammability, and mechanical property study of wood polymer nanocomposite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* **2014**, *115*, 1679. [[Crossref](#)]
33. Finzi-Quintão, C. M.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal de Ouro Preto, 2017 [[Link](#)]
34. Sítio da Smithers. Disponível em <<https://www.smithers.com/services/market-reports/materials/the-future-of-polymer-foams-to-2025#:~:text=In%202021%20the%20polymer%20foams,51%20%25%20of%20the%20market%20share>>. Acesso em: 12 janeiro 2022.
35. Sítio da Grand View Research. Disponível em <<https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/polymer-foam-market>>. Acesso em: 05 dezembro 2021.
36. Sítio da Allied Market Research. Disponível em <<https://www.alliedmarketresearch.com/polymer-foam-market>>. Acesso em: 06 dezembro 2021.
37. Sítio da Markets and Markets. Disponível em <<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/polyurethane-foams-market-1251.html>>. Acesso em: 12 janeiro 2022.
38. Sítio da Associação Brasileira das Indústrias Químicas (ABIQUM). Disponível em <<http://www.abiquim.org.br>>. Acesso em: 20 novembro 2021.
39. RESOLUÇÃO-RE N° 1.478, Diário Oficial da União, 42, 3/06/2019. [[Link](#)]
40. Sítio das Nações Unidas Brasil. Disponível em <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 16 janeiro 2022.
41. Moshood, T.D.; Nawanir, G.; Mahmud, F.; Mohamad, F.; Ahmad, M.H.; Abdul Ghani, A. Expanding Policy for Biodegradable Plastic Products and Market Dynamics of Bio-Based Plastics: Challenges and Opportunities. *Sustainability* **2021**, *13*, 6170. [[Crossref](#)]
42. Sítio Market Research.com. Polymer Foam Market Size, Share & Trends Analysis Report By Type (Polyurethane, Polystyrene, Polyolefin, Melamine, Phenolic, PVC), By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2020 – 2027. Disponível em <<https://www.marketresearch.com/Grand-View-Research-v4060/Polymer-Foam-Size-Share-Trends-13032573/>>. Acesso em 09 janeiro 2022.
43. Lucena, A. L. M.; *Trabalho de Conclusão de Curso*, Universidade Federal da Paraíba, 2021. [[Link](#)]
44. Portaria N° 3.877; Diário Oficial da União, 14/10/2020. [[Link](#)]