**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**

**MESTRADO PROFISSIONAL EM DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**

JACKSON DA SILVA TORRES

**OS ASPECTOS ECONÔMICOS DO PROCESSO DE INOVAÇÃO BIOTECNOLÓGICA NA PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS   
MICROBIANOS PLÁSTICOS**

CURITIBA – PR

2020



JACKSON DA SILVA TORRES

**OS ASPECTOS ECONÔMICOS DO PROCESSO DE INOVAÇÃO BIOTECNOLÓGICA NA PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS   
MICROBIANOS PLÁSTICOS**

Dissertação de conclusão de curso de Mestrado Profissional em Desenvolvimento Econômico apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Econômico, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre Profissional em Desenvolvimento Econômico.

Orientador: Prof. Dr. José Wladimir Freitas da Fonseca

CURITIBA – PR

2020

JACKSON DA SILVA TORRES

Este documento corresponde a versão final da dissertação de conclusão de curso apresentada ao Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Econômico como parte dos requisitos para a obtenção do título de mestre profissional em Desenvolvimento Econômico, intitulada:

Aprovada em:\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

CURITIBA – PR

2020

*Dedicatória*

Epígrafe

AGRADECIMENTOS

RESUMO

Este estudo se propôs verificar os aspectos econômicos que envolvem o processo de inovação biotecnológica na produção de biopolímeros a partir de microrganismos, que surgiu para equacionar questões nas esferas econômicas, sociais e ambientais que envolvem a oferta de polímeros de origem fóssil. A proposição partiu da assimetria de informações que envolve as questões técnicas econômicas, sociais e ambientais, sendo o principal entrave para o avanço da pesquisa e desenvolvimento. Foi verificado que a produção de biopolímeros se caracteriza como um processo de reprodução natural – em oposição ao processo de reprodução mecânica –, podendo equacionar problemas da oferta atual, através do efeito substitutivo, porém com maior potencial de gerar novos produtos inovadores, implicações que modificariam a alocação de capital, com efeito transbordamento e gerando externalidades positivas. A produção de biopolímeros microbianos em concomitância do avanço das técnicas de reprogramação genômica, abordada como inovação biotecnológica, emerge como promissora na geração de benefícios nas esferas, modificando paradigmas, através da reconfiguração dos “nanocomponentes” e potencializando os efeitos da inovação no desenvolvimento econômico.

**Palavras-Chave:** Inovação; Biotecnologia; Biopolímeros; Desenvolvimento Econômico

ABSTRACT

This study aimed to verify the economic aspects that involve the process of biotechnological innovation in the production of biopolymers from microorganisms, which emerged to address issues in the economic, social and environmental spheres that involve the supply of polymers of fossil origin. The proposition started from the asymmetry of information that involves technical economic, social and environmental issues, being the main obstacle to the advancement of research and development. It was verified that the production of biopolymers is characterized as a natural reproduction process – as opposed to the mechanical reproduction process –, being able to solve problems of the current offer, through the substitutive effect, but with a greater potential to generate new innovative products, implications that would modify the allocation of capital, with an overflow effect and generating positive externalities, keeping a relationship with the main economic theories and concepts. Thus, the production of microbial biopolymers addressed as biotechnological innovation, emerges as promising in the generation of benefits in the spheres, modifying paradigms, through the reconfiguration of “nanocomponents”, potentiating the effects of innovation on economic development.

**Keyboards:**

LISTA DE TABELAS

Tabela 3‑1 Produtores Comerciais de Amido 46

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 Idiomas das publicações contemplando o termo biopolímeros microbianos. 33

Quadro 3.2 Comparação de potencial de substituição de alguns polímeros provenientes de fontes fósseis por biopolímeros 38

Quadro 3.3 Produtores Comerciais de PHA 38

Quadro 3.4 Produtores Comerciais PHA e PHB na base Material Data Center 38

Quadro 3.5 Produtores Comerciais de PHA e PHB na base Omnexus 39

Quadro 3.6 Relação de produtos provenientes de PHA e PBH com classificação HS 39

Quadro 3.7 Código de referência HS para os polímeros PP, PEBD e PEAD em forma primárias 40

Quadro 4.1 Exportações e importações mundiais de plásticos em formas primárias – 2017 a 2019 (USD 1.000 ) 41

Quadro 4.2 Valor e Volume de Exportações e Importações Brasileiras de plásticos em formas primárias – 1997 a 2019 (em milhões de R$ e Ton) 42

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Evolução de publicações sobre biopolímeros microbianos. 33

Figura 3.2 Mapa de Concentração de Pesquisas por País 34

LISTA DE SIGLAS

**PEAD** – Polietileno de alta densidade

**PEBD** – Polietileno de baixa densidade

**PP** – Polipropileno

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS v

RESUMO vi

ABSTRACT vii

LISTA DE TABELAS viii

LISTA DE QUADROS ix

LISTA DE GRÁFICOS x

LISTA DE FIGURAS xi

LISTA DE SIGLAS xii

SUMÁRIO 13

1 INTRODUÇÃO 15

2 INOVAÇÕES 19

2.1 INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E BIOTECNLÓGICAS 25

2.1.1 ASPECTOS LEGAIS 28

2.1.2 BIOTECNOLOGIA MICROBIANA 30

3 BIOPOLÍMEROS MICROBIANOS 33

3.1 CONCEITOS 33

3.2 PESQUISAS 35

3.2.1 PATENTES 38

3.3 BIOPOLÍMEROS MICROBIANOS PHA 40

3.3.1 PHA 40

3.3.1.1 PBH 41

3.3.2 SUBSTITUIÇÃO 41

4 ASPECTOS ECONÔMICOS 45

4.1 O MERCADO DE POLÍMEROS E BIOPOLÍMEROS 45

4.2 ASPECTOS ECONÔMICOS DAS INOVAÇÕES 49

4.2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 49

4.2.2 BIOECONOMIA 50

4.2.3 OFERTA E DEMANDA 51

4.2.4 ASSIMETRIA DE INFORMAÇÕES 51

4.2.5 EFEITO SUBSTITUIÇÃO 54

4.2.6 EFEITO ALOCATIVO 56

4.2.7 CURVA DE CUSTOS 56

4.2.8 CUSTO DE OPORTUNIDADE, EFEITO TRANSBORDAMENTO, EXTERNALIDADES E BEM-ESTAR SOCIAL 57

4.3 PREFERÊNCIA DO CONSUMIDOR 57

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 59

6 REFERÊNCIAS 64

# INTRODUÇÃO

Na década de 1930 foi desenvolvida em laboratório, a técnica denominada de polimerização, que consiste na ligação de pequenas moléculas, denominadas de monômetros, formando macromoléculas, dando origem aos polímeros. Em 1934, na Inglaterra, o polietileno foi o primeiro polímero a ser sintetizado.

Durante a Segunda Guerra Mundial os polímeros ganharam maior relevância quando passaram a ser pesquisados e aplicados em fins militares. Em 1950, a partir de novas sintetizações foram obtidas versões mais rígidas e com maior densidade, sendo desenvolvidas uma gama de aplicações industriais baseadas em polímeros, tanto os de baixa como os de alta densidade.

A evolução das técnicas de sintetização para produção de insumos e produtos a partir de polímeros se deu em um constante processo de inovação tecnológica, que ao passar das décadas, resultou em novas possiblidades de aplicações e materiais mais resistentes, com maior durabilidade e menores custos de produção.

O resultado desses processos de inovações tecnológicas de polímeros levou a um estável atendimento das demandas, com a viabilização de desenvolvimento de insumos e produtos, bem como a geração de novas demandas a partir das alternativas criadas, tendo impacto significativo na produção econômica.

Ao passar das décadas, a produção em massa dos insumos e produtos derivados de polímeros sintéticos – a partir de fontes fósseis – apresentaram dois grandes problemas no que tangem a sujeição às flutuações ao preço do petróleo e ao impacto ambiental devido os descartes em toda a cadeia produtiva.

Nesse contexto surge uma nova demanda pelo desenvolvimento de materiais biodegradáveis que possam substitui os sintéticos, com objetivo de causar menores impactos no meio ambiente. O grande desafio é implementar essa substituição com a mínima redução nível de produção dos setores relacionados ao produto.

Esse processo de substituição se dá dentro de uma transição, e depende de soluções viáveis e que não impliquem em elevação substancial de custos. As principais soluções biodegradáveis surgem dos processos de inovações biotecnológicas.

Os processos de inovações biotecnológicas incorrem em um tempo de maturação diferenciado, que envolve a intensa pesquisa, o desenvolvimento e uma extensa fase de testes, devendo atender requisitos técnicos e de biossegurança, além do rigoroso processo de direito de propriedade e licenciamento nos órgãos reguladores.

Esse processo tem impacto direto na decisão de seleção e implementação dos projetos. Ainda que os investimentos de pesquisa, desenvolvimento de produtos em biotecnologia remetam à elevados montantes financeiros, pequenas iniciativas podem se destacar e se desenvolver, principalmente através das inter-relações organizacionais e cooperativas.

As inovações – mais visivelmente durante os últimos séculos – vem exercendo papel determinante no processo de desenvolvimento econômico de longo prazo, atuando no modificação de paradigmas, equalização de problemas sociais e econômicos que envolvem a escassez de recursos, produção, distribuição, degradação ambiental, limitações de ofertas e demandas reprimidas, atuando na melhoria bem-estar social.

A economia lida constantemente com o fator da escassez dos recursos e desgastes ambientais, tornando a oferta de recursos ainda mais escassas no futuro. Esses aspectos se aplicam ao caso da produção de polímeros a partir de materiais fósseis, possuindo grande relevância na sociedade, e gera dois problemas que são a sujeição da flutuação do preço do petróleo e os impactos ambientais gerados desde a extração até o descarte.

As biotecnologias podem ser remontadas a 4.000 anos a.C., com a utilização de microrganismos vivos para a preparação de cerveja – por babilônios e sumérios – e de pães, pelos egípcios, e posteriormente de vinho e outras gamas de alimentos.

As inovações biotecnológicas evoluíram de forma promissora como um fator capaz de potencializar os efeitos da inovação no desenvolvimento econômico, podendo alterar sem precedentes os paradigmas técnicos, econômicos e sociais, alterando assim o modo operante.

Na expectativa de equacionar as questões que envolvem a sujeição a flutuações de preço do petróleo e os impactos ambientais decorrentes dos descartes em toda a cadeia produtiva, surge, dentro do processo de inovação biotecnológica, a possibilidade de, alternativamente, produzir os biopolímeros através de matérias primas renováveis sintetizadas por microrganismos vivos.

Atualmente existem inúmeras pesquisas de inovações biotecnológicas em andamento para sintetização e produção de biopolímeros a partir de organismos vivos, principalmente nas universidades e centros de pesquisa. A maior parte das pesquisas são desenvolvidas de forma isolada por estas instituições, sem a participação de outros agentes interessados, como o setor empresarial.

O potencial de utilização de biopolímeros como substituto dos polímeros sintéticos geram grandes expectativas sociais e econômicas, no que tange a redução da dependência de utilização de insumos fósseis não renováveis e a diminuição dos impactos ambientais gerados nos descartes de insumos e produtos com elevado nível de poluição e extenso período de degradação.

A viabilização econômica do atendimento das demandas para substituição dos polímeros sintéticos por biopolímeros, e novos produtos a partir deste, ocorre dentro de um processo transacional de inovação – biotecnológica –, de forma gradual, através das inciativas de pesquisa e desenvolvimento e interação com o meio social, legal e produtivo.

Existem fortes indicativos que os processos de inovações tecnológicas de biopolímeros microbianos, ocorrem de forma isolada, sem a integração necessária para o avanço nos resultados. A interação e disseminação de informações técnicas-produtivas, científicas, sociais, ambientais se demonstram um fator determinante para o avanço de inovações biotecnológicas.

Essas informações giram em torno de quais são as pesquisas que estão sendo desenvolvidas, onde estão concentradas, quais são as possibilidades de aplicação, as demandas; quais são as principais barreiras; quais seriam os efeitos no desenvolvimento econômico.

Mesmo com avanços significativos nas pesquisas para produção de biopolímeros microbianos a partir de fontes renováveis, a maioria dos processos ainda não são capazes de oferecer características técnicas adequadas, e oferecer preços competitivos, para sua viabilização como substituto aos polímeros sintéticos.

Diante a contextualização exposta, este estudo partirá da indagação: Quais são os principais aspectos que evolvem a viabilização dos processos de inovações biotecnológicas para produção de biopolímeros microbianos.

Para buscar responder a indagação de partida, este estudo terá como objetivo investigar os aspectos econômicos no processo inovação biotecnológica de pesquisa e desenvolvimento de biopolímeros microbianos.

Para atingir os objetivos propostos este estudo irá: 1) realizar levantamento bibliográfico sobre os aspectos dos processos de inovação; 2) levantar as características técnicas-científicas, acerca da produção e desenvolvimento de biopolímeros; 3) descrever os aspectos econômicos contidos no processo de inovação biotecnológica para oferta de biopolímeros microbianos.

No propósito de responder a indagação de partida e atingir os objetivos, este estudo está dividido em três capítulos, sendo eles: Inovação tecnológica e biotecnológica; Biopolímeros e Aspectos econômicos.

No primeiro capítulo, será realizado o levantamento dos aspectos fundamentais dos processos de inovações tecnológicas e biotecnológicas, com a proposição identificar variáveis qualitativas influentes no processo de inovação biotecnológica na produção de biopolímeros microbianos.

O segundo capítulo, consistirá em descrever os aspectos técnicos, científicos e produtivos dos biopolímeros microbianos, descrevendo os conceitos, as técnicas, características, classificações. Essa etapa se torna essencial para a compreensão acerca da viabilidade dos biopolímeros microbianos.

No terceiro capítulo, serão abordados os aspectos econômicos identificados nos capítulos anteriores, realizando sua conceituação, associando suas abordagens de forma embasada com as características técnicas, científicas, sociais e ambientais da produção de biopolímeros microbianos, realizando levantamento sobre o mercado de biopolímeros.

A empreitada do terceiro capítulo implica no objeto principal deste estudo, visando classificar as variáveis qualitativas dos processos de inovações biotecnológicas na produção de biopolímeros microbianos no escopo econômico, a fim de verificar os aspectos que influenciam em sua viabilização e como estão configurados os cenários em torno das expectativas.

Para concluir o estudo, serão realizadas as considerações finais, destacando os pontos principais da pesquisa, buscando responder a indagação de partida através de explanações críticas, com recomendações de soluções, bem como a sugestão de novos estudos para aprofundamento do tema.

# INOVAÇÕES

Este capítulo aborda os conceitos e aspectos teóricos fundamentais da inovação[[1]](#footnote-2), como um campo amplo. Em seguida é apresentado de forma comparativa os conceitos da inovação tecnológica e inovação biotecnológica, destacando a biotecnologia microbiana, com objetivo de identificar as variáveis qualitativas constantes em cada processo, nesse sentido não se busca esgotar nem entrar em níveis detalhados do assunto.

O termo inovação deriva da palavra em latim *innovatio*,significando o ato de incorporar o novo, inserir uma novidade. Para Schumpeter (1985) – considerado o primeiro teórico deste tema – a inovação se configura na inserção de novos componentes ou novas formas de utilizar os componentes existentes, onde as novas combinações resultam no emprego distinto da oferta de meios produtivos no sistema econômico.

As conceituações e explanações realizadas acerca da inovação terão como base a Teoria Evolucionaria e a perspectiva Neo-Schupteriana, que contemplam uma construção que envolve a conexão entre múltiplos conceitos em torno geração e acúmulo de conhecimento capazes de implementar novos processos e ofertas produtivas. Para este estudo, esses múltiplos conceitos conectados serão relacionados com aspectos econômicos entre os agentes e o meio produtivo.

Os autores Freeman e Soete (2008, p. 65) relatam que Adam Smith, em sua a obra *A riqueza da Nações,* evidenciou o papel do comércio e da indústria, por meio da divisão do trabalho e principalmente das inovações como fator de diferenciação de desenvolvimento entre os países. Onde as tecnologias atuam de forma dinâmica – como uma força libertadora – na produtividade, estabilidade e crescimento econômico ao longo prazo.

Na abordagem Neo-Schupteriana, a inovação ocupa um papel fundamental no processo de desenvolvimento econômico, fazendo parte da tríade “invenção-inovação-difusão”. De acordo com Nelson (2005), a invenção configura a fase de concepção e pesquisa, a inovação se verifica na fase de desenvolvimento tecnológico e a difusão se caracteriza pela aceitação e disseminação da inovação.

Segundo Schumpeter *apud* Freeman e Soete (2008, p. 26), a invenção é a concepção de uma nova técnica ou produto, ou a nova técnica ou serviço já materializados, no processo de pesquisa, que somente passariam a configurar inovação, em termos econômicos, a partir da ocorrência de um consistente processo de comercialização. Na etapa de difusão ocorre a efetivação e identificação de derivações das inovações, se tornando determinante nesse processo.

Diante o exposto, este estudo assume a inovação como variável central e determinante no processo de desenvolvimento econômico, como um fator ao modelo. É resultante de um conjunto de ações e atividades intrinsicamente relacionadas com o acúmulo e disseminação de conhecimento, que em um processo contínuo e dinâmico capaz de gerar e efetivar ofertas transformadoras ao ambiente econômico.

Os autores Freeman e Soete (2008) fazem a distinção entre os termos inovação e ‘inovação tecnológica’. Onde inovação se caracteriza pelo processo de inserção e difusão de novos processos e ofertas no ambiente econômico e a inovação tecnológica seria os avanços dos conhecimentos técnicos que resultam na inovação.

Na perspectiva de Nelson (2005), a inovação, em um aspecto mais abrangente, se caracteriza pela implementação de novos processos e ofertas disruptivas, ocorrendo do resultado das ações individuais de empresários que buscam novas formas de produzir e ofertar novos produtos. Esse conjunto de ações abrange uma grande gama de modificações nas rotinas institucionais e sociais, se caracterizando por um processo dinâmico e envolto de incertezas.

A visão de Nelson (2005) apresenta a motivação dos empresários para geração de inovações, visando a obtenção de lucros e que esta oferta gira em torno de incertezas. Porém o aspecto principal que permeia a incerteza se relaciona com o lado da demanda, em torno das preferências, aceitação, quantidade a determinado nível de preço. Nesse sentido a motivação para a geração das inovações deve ser analisada na perspectiva de equilíbrio entre as forças.

As inovações são efetivadas através das combinações de vários elementos contidos no conhecimento acumulado, envolvendo invenções já efetivadas, métodos e processos a fim de gerar novas combinações capazes de promover efeitos positivos para os agentes envolvidos e por consequência ao ambiente econômico. Com isso se evidencia a inovação como uma variável multifacetada no modelo de desenvolvimento econômico.

Todas as melhorias de maquinaria não foram de forma algumas invenções daqueles que tiveram a oportunidade de usar as máquinas. Muitas melhorias foram introduzidas pelo engenho dos fabricantes das máquinas, quando a fabricação delas se tornou o negócio de um ramo específico. (FREEMAN & SOETE, 2008)

A evidência da citação acima está na Revolução Industrial ocorrida na Europa, que desencadeou uma série de transformações nos modos operantes social e econômico. Os elementos inventivos, – como a máquina à vapor que já existia há mais de um século – só passaram a se tornar derterminantes quando combinados a outros componentes tecnológicos tangíveis e intangíveis, configurando a inovação.

Nesse sentido o processo que leva a inovação se revela como resultado do fenômeno de aprendizagem e conexão de conhecimentos acumulados, ocorrendo de forma unidimensional, através da inserção de novos elementos ou na combinação de elementos já consolidados configurando novas apresentações que acabam por serem incorporadas no escopo do conhecimento e um processo contínuo e não linear.

Enquanto o *mainstream* da análise econômica do progresso técnico reprimiu o problema da racionalidade limitada, muitos estudiosos da mudança técnica a reconheceram, ainda que por vezes de forma implícita. (NELSON, 2005, p. 69)

Segundo Souto (2014, pp. 29-30), as inovações [tecnológicas] caracterizadas como um ‘corpo de conhecimento’ podem ser estruturadas em duas dimensões, uma individual que se caracteriza nas ações dos agentes microeconômicos em torno das firmas e mercados, seus processos e rotinas, e uma sistêmica, sendo o resultado das ações dos agentes econômicos e institucionais, formando, o que a autora menciona, um sistema nacional de inovação.

Na mesma perspectiva apresentada por Souto (2014, pp. 29-30), este estudo compreende a inovação como o resultado efetivo de novas ofertas oriundo do corpo de conhecimento tecnológico acumulado, fruto da interação e interesses dos agentes econômicos em maximizar seu bem-estar. Podendo ser observadas de forma transversal nos mercados nas perspectivas microeconômica e macroeconômica.

O acréscimo no bem-estar dos agentes econômicos se evidencia como variável componente influente do fator de inovação. Pode ser avaliada em termos individuais, ocorrendo por meio das interações entre os agentes e mercado de forma coletiva por meio de planos e projetos nacionais, considerando o ganho de bem-estar de forma geral e a promoção de desenvolvimento econômico sustentável.

Nesse sentido o nível das interações econômicas entre os agentes se apresenta como uma outra variável que exerce efeitos no fator inovação. Entende-se por interações econômicas as atividades de ofertantes e demandantes em torno de conhecimento a cerca de preferencias, comportamento, qualidade, quantidade e nível de preço relacionados com os bens e serviços, guardando relação com a difusão das inovações.

O fluxo de informações é outra variável importante. É denotada por Souto (2014, pp. 29-30), demonstrando que ocorre em forma de fluxo circular contínuo entre os agentes em todas as etapas dos processos, principalmente na disseminação, pautado pela diversidade e um certo nível de aleatoriedade, se tornando componente fundamental para o avanço das inovações e guardando relação direta com acúmulo e aprimoramento de conhecimento e redução das incertezas.

O fluxo circular interativo de informações assume papel central no processo de inovação, onde o arcabouço de conhecimento prévio serve como parâmetro no processo de aprendizagem, que finda por gerar novas informações que são inseridas no estoque de conhecimento, produzindo inovações. Nesse sentido o processo econômico da inovação é orientado para a produção e acúmulo de informação, ocorrendo de forma dinâmica e interativa entre os agentes.

A importância do conhecimento prévio é destacado por Freeman e Soete (2008), em que são fundamentais para o processo de aprendizagem e produção de novo conhecimento. Em Arrow *apud* Souto (2014) é evidenciada, dentro do processo econômico da inovação, o papel central da produção de informação, ocorrendo em forma circular e potencializada fator da interação entre os agentes.

O fator interação exerce influência no nível de qualidade e quantidade no fluxo circular informações, estando associada ao grau dos arranjos entre os agentes e instituições. Quanto mais elevado, maiores serão os níveis, possibilitando aprendizagem e geração de conhecimento mais elevados do que a níveis menores, favorecendo a geração de novas combinações e conhecimentos e consequentemente uma observação de inovações emergindo desse fluxo. (SOUTO, 2014)

Portanto, pode-se definir inovação como um processo que envolve conhecimento e aprendizado, viabilizados pela interação entre diversos tipos de agentes e pelo fluxo de informação. (SOUTO, 2014, p. 34)

Nesse sentido o fluxo de informações em torno do nível de interação relacionado com o estoque de conhecimento será considerado outra variável componente do fator inovação no modelo de desenvolvimento econômico. Essa exerce um papel central pois atua em todas as fases do processo de inovação – invenção, inovação e difusão –, de forma circular e transversal.

A centralidade da variável de informações acumuladas se evidencia uma vez que atua em todos os níveis observáveis do processo de inovação, como na fase de pesquisa, desenvolvimento e produção e difusão, em torno de aspectos científicos, técnicos, produtivos e empresariais e distributivos. A interação de informações ocorre em forma de fluxo, dinâmica e transversal entre os agentes econômicos, mercados e instituições.

A difusão se torna fator determinante no processo de inovação, atuando na efetivação da inovação, retroalimentando o processo de aprendizagem e acúmulo do corpo de conhecimento, na forma de fluxo circular contínuo, permitindo que surjam novas combinações e adições. Portanto a difusão atua na modificação da taxa de mudança técnica, impactando significativamente o crescimento econômico. Entre todos, são os economistas que menos podem ignorar as inovações, uma condição essencial para o progresso econômico, e um elemento crítico na luta concorrencial das empresas e das nações. (FREEMAN & SOETE, 2008)

A variável informação será abordada neste estudo dentro do conceito de assimetria de informações, da Teoria de Falhas de Mercado. Nesse sentido quando maior o nível de assimetria das informações em torno dos componentes do processo de inovação, mas lentos se tornam as etapas da inovação. Em um dos aspectos determinantes que envolvem a assimetria de informação está relacionado com o custo de oportunidade das inovações.

De acordo Freeman e Soete (2008), os efeitos da inovações no crescimento econômico transcendem às questões que envolvem o aumento da riqueza de um determinado país ou região, possibilitando que sejam realizadas atividades e experiências que anteriormente não seriam possíveis. É nesse sentido que este estudo aborda o efeito da inovação no processo de desenvolvimento econômico ao longo prazo, na perspectiva de custo de oportunidade.

As inovações, portanto, são cruciais não apenas para aqueles que desejam acelerar ou sustentar a taxa de crescimento econômico de seus próprios países ou de outros, mas também para os que se assombram com preocupações sobre a quantidade de bens e que deseja mudar a direção do avanço econômico, em busca de melhor qualidade de vida. (FREEMAN & SOETE, 2008)

As inovações resultam uma série de modificações disruptivas em paradigmas técnicos, sociais e econômicos institucionalizados. Ocorre de forma gradual e dinâmica dentro de um sistema inserido no processo evolutivo-econômico, pode ser visualizada em aspectos macros e micros, nas etapas de invenção, inovação e difusão, de forma integrada por um fluxo circular de informações e interações.

As oportunidades para crescimento mundial da bioeconomia estão relacionadas ao aumento da população e ao seu envelhecimento; à renda per capita; à necessidade de ampliação da oferta de alimentos, saúde, energia e água potável; bem como às questões que envolvem as mudanças climáticas. (CNI-HARVARD, 2013, p. p. 4)

Nesse sentido este estudo considera o processo de inovação dentro da perspectiva evolucionária, se revelando como fenômeno natural no processo econômico, configurado de uma série de acúmulo de conhecimentos que se tornam especializados, dinâmicos e transversais, capazes de efetivar ofertas transformadoras para o desenvolvimento econômico no longo prazo.

A inovação atua de forma contínua para equalização de questões envolvendo a escassez de recursos naturais, eficiência de processos produtivos e distributivos, redução de custos, melhoria de bem-estar econômico e social, redução da degradação do meio ambiente diante a novas demandas da crescente população.

## INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS E BIOTECNLÓGICAS

A inovação tecnológica se relaciona ao escopo da tecnologia, pautada ao conjunto de conhecimentos técnicos e conceituais acumulados na produção de produtos, sendo capaz modificar os processos, arranjos organizacionais, produtos e mercados (SCHUMPETER, 1985).

A expressão “tecnologia” como a conotação de um corpo de conhecimento mais sistemáticos e formais, somente começou a ser usada de maneira geral quando as técnicas de produção alcançaram um estágio de complexidade em que os métodos tradicionais já não eram suficientes. As antigas artes e ofícios (ou tecnologias mais primitivas) têm continuado a existir lado a lado com as novas “tecnologias”, e seria ridículo sugerir que a indústria moderna tenha se tornado agora uma atividade inteiramente baseada na ciência mais do que em ofícios. O “mecânico do aquecimento e da ventilação” pode continuar a ser um simples encanador, o “tribologista” pode ser apenas um graxeiro e o “tecnólogo de alimentos” ainda não substituiu o cozinheiro. E talvez estas mudanças nunca irão ocorrer. (FREEMAN & SOETE, 2008, p. 39)

A palavra tecnologia se forma da junção dos termos gregos *techne*, que significa técnica, e *logos* que significa estudo ou teoria, podendo ser interpretado como conhecimento das técnicas. Nesse sentido a inovação tecnológica seria a contraposição ou inserção de novos elementos aos conjuntos de técnicas que resultariam em novos métodos, procedimentos, ferramentas, equipamentos, insumos ou produtos.

O termo biotecnologia é formada do acréscimo do termo grego *bio* que significa vida a palavra tecnologia. Nesse sentido remete ao conhecimento das técnicas de processos biológicos. Sendo a inovação biotecnológica a contraposição ou inclusão de novos componentes aos conjuntos de técnicas vinculados aos processos biológicos que resultariam em novos métodos, procedimentos, ferramentas, equipamentos, insumos ou produtos.

A biotecnologia é essencialmente baseada na descoberta, seleção, triagem, escolha de espécies diante suas características e capacidade de atender os requisitos de desenvolvimento de produtos que possam ser reproduzidos industrialmente, se tornando inovação biotecnológica. (CANHOS & MANFIO, 2004, p. 235)

A inovação biotecnológica envolve o processo tecnológico que permite a utilização de processos biológicos com finalidade industrial. Em outras palavras, se configura nas técnicas e procedimentos que utilizam os processos realizados pelos organismos vivos para produção de insumos e produtos. (SILVEIRA & BORGES, 2004, pp. 18-19)

As inovações tecnológicas e biotecnológicas fazem parte do fenômeno natural da inovação e possuem uma linha tênue que as distingue. Ambas compartilham conceitos amplos de inovação que envolvem acúmulo de conhecimento técnico de métodos, estruturas de pesquisa e desenvolvimento, capital humanos, processos, organizacionais, legais e mercadológicos e têm por objetivo a disseminação em larga escala dos novos produtos e combinações.

Como destacam Silveira e Borges (2004, p. 19), no processo de inovação biotecnlógica, assim como em todo processo de inovação tecnológica, “predomina a inovação de produtos, com elevado grau de dependência da pesquisa e de interdependência entre diversas áreas do conhecimento”.

No processso de inovação biotecnlógica há uma absorsão, dentro do processo de aprendizagem, do conhecimento prévio da tecnologia, combinado com o conhecimento prévio da biotecnologia, gerando as inovações biotecnológicas e as inovações hibridas.

Figura 2.1 Esquema de Inovações

A interdependência entre as vertentes torna o processo de inovação ainda mais dinâmico, necessitando de uma maior interatividade entre os agentes em torno do fluxo circular contínuo de informações, aprendizagem e acúmulo de conhecimento.

O fator biológico é obviamente o principal aspecto da diferenciação entre as vertentes. Este componente faz com que se desenvolva uma apresentação distinta dos elementos amplos da inovação. Essa nova apresentação no modelo biotecnológico ocorre na adição de níveis de especificidades que envolvem toda a cadeia. Dessa forma a distinção se evidencia em proveniência da dinâmica que configuram as biotecnologias.

A transversalidade e multidisciplinariedade são dois elementos comuns as inovações, e já eram evidenciadas por Adam Smith (1985) ao destacar a importância da divisão do trabalho combinada as inovações tecnológicas no desenvolvimento econômico. A dinâmica biotecnológica demonstra a ocorrência de um maior nível destes dois elementos, devido ao grande conjunto de atividades e nível de especialização exigidos.

Os elementos transversalidade e multidisciplinariedade nas biotecnologias ressaltam outro elemento de diferenciação, o capital humano especializado, e maior necessidade de atuação conjunta e coordenada da figura do pesquisador, empreendedor e do inovador, como é abordado na publicação do Confederação nacional da Indústria (2013, p. p. 11) em parceria com universidade de Harvard, que afirma que o principal capital na biotecnologia é o humano.

O fator biológico se evidencia como elemento de diferenciação no modo de reprodução em que se baseia. A inovações tecnológicas atuam através da reprodução mecânica enquanto nas inovações biotecnológicas, o objeto central gira em torno da reprodução natural por meio dos processos biológicos, onde o resultado é diretamente obtido pela atuação dos serem agentes.

O aspecto da reprodução natural inerente nas biotecnologias – que levam a inovação biotecnológica – vem reacender o debate que envolve os teóricos evolucionários que no que tange as analogias entre a concorrência de mercado e a competição biológica na perspectiva de sobrevivência e maximização, atuando com uma forte evidência de plausibilidade destas contextualizações.

Remontando há um cenário onde os microrganismos eram únicos seres existentes, que através da competição entre si, desenvolveram habilidades voltadas para a adaptação ao meio, proteção, sobrevivência e cooperação, garantiram sua existência e evoluíram para as espécies mais desenvolvidas. Esse preceito pode ser analogamente ser aplicado no ambiente macro que foi gerado, e continuaram coexistindo dentro de uma cadeia sistêmica.

A idéia geral de que a concorrência de mercado é análoga à competição biológica e que as empresas devem passar por um teste de sobrevivência imposto pelo mercado tem disso parte do pensamento econômico há muito tempo. (NELSON, 2005, p. 71)

A reprodução natural por meio dos processos biológicos configura a essência da dinâmica das biotecnologias como fator puro e modificador das demais variáveis que seriam comuns à inovação, derivando novas variáveis específicas. Dessa forma surgem métodos, metodologias e processos especializados que desencadeiam transformações nas estruturas organizacionais e mercadológicas.

Essas novas combinações organizacionais se apresentam sob novas denominações análogas como bioindústria, bioagroindústria, biomedicina, biofarmácia, bioinformática, gerando os ‘bioinsumos’ e ‘bioprodutos’ na forma de ‘biocomponentes’ e ‘bioembalagens’ industriais, ‘biomedicamentos’ e ‘biosensores’ (CNI-HARVARD, 2013, pp. p. 18-21).

### ASPECTOS LEGAIS

Diante a dinâmica biotecnológica, as estruturas legais comuns às inovações que envolvem a regulamentação, direitos de propriedade, questões ambientais e de segurança sofrem modificações que se tornam determinantes para o desenvolvimento das inovações biotecnológicas, e se apresentam como variáveis ao fator inovação.

O grande potencial de desenvolvimento das biotecnologias traz juntamente a necessidade de controle e regulamentação, com isso levando o debate para o campo político e jurídico, impactando os campos social e econômico, que podem variar de acordo com os interesses de cada país. (ZUCOLOTO & FREITAS, 2013, p. 10)

[A] ...presença [da biotecnologia] exige a criação de padrões originais e de mecanismos regulatórios e com isto, novos métodos, novos padrões de análise. Altera a percepção dos limites impostos pela natureza para a atividade humana, envolvendo aspectos éticos e até religiosos. (SILVEIRA & BORGES, 2004, p. 17)

A propriedade intelectual[[2]](#footnote-3) se apresenta como componente que impacta de forma significante o processo de inovação, e quando se trata de biotecnologia de organismos vivos, existem grandes impasses que geram incertezas a pesquisadores e investidores. (ZUCOLOTO & FREITAS, 2013)

Atualmente o consenso é que não são passíveis de obtenção de patente a descoberta, estrutura e quaisquer extratos e métodos obtidos a partir destes, sendo patenteáveis somente as composições genéticas devidamente descritas. (ZUCOLOTO & FREITAS, 2013)

A biossegurança[[3]](#footnote-4) se revela um elemento importante no processo tecnológico, e toma proporções maiores no processo biotecnológico, por representar uma série de determinações que envolvem processos desde a fase de pesquisa até a produção industrial e descarte buscando reduzir os riscos de acidentes e contaminações, sendo determinante na qualidade e implicando em barreiras e consequentemente elevação de custos. (HIRATA & FILHO, 2002)

### BIOTECNOLOGIA MICROBIANA

A biotecnologia microbiana, componente do processo de inovação biotecnológica vem apresentar dinâmicas específicas, podendo se evidenciar um outro nível de diferenciação. O principal fator de diferenciação denotada no processo de microbiano está na evidência do processo de reprodução natural, onde o processo produtivo se relacionar intrinsicamente com o processo de reprodução dos microrganismos diante às condições que estão expostos.

De acordo com Myers *apud* Canhos e Manfio (2004), a diversidade microbiana ainda tem proporções desconhecidas. Estima-se que somente 10% dos microrganismos sejam catalogados. Essa estatística faz com que o potencial da biotecnologia microbiana seja sem precedentes em termos de possibilidades.

É estimado que mais de 99% das bactérias e arqueas – da biosfera –, 95% dos fungos e Ácaros, 90% dos protozoários – predadores de bactérias e fungos –, não são conhecidas, mesmo com o crescimento exponencial da catalogação destas. E ainda que 100.000 espécies de nematoides ainda estão pode ser catalogada. Além dos vírus, que não se tem uma estimação. (CANHOS & MANFIO, 2004, pp. 233-234)

Segundo Canhos & Manfio (2004, pp. 234-235), o aumento da catalogação e estimação destes dos microrganismos se deve ao avanço das técnicas de biologia molecular para análise do DNA partindo de material genômico, obtidos de amostras ambientais. E que métodos os novos métodos de cultivo independente – em detrimento do isolamento e cultivo – pode acelerar o processo de descrição das composição, diversidade e estruturas dos microrganismos.

As novas técnicas evidenciaram a enorme diversidade genética de bactérias presentes em apenas uma grama de solo. Estima-se que em 1g de solo ocorram entre 20 e 40 mil espécies bacterianas. Considerando que são descritas cerca de 5.000 espécies de bactérias, cuja maioria não é de solos, há uma enorme lacuna de conhecimento a ser preenchida em estudos de biodiversidade. (CANHOS & MANFIO, 2004, p. 234)

No processo de inovação biotecnológica baseada em microrganismos, se evidencia a ferramenta da sistemática microbiana. Consistindo na análise de informações com objetivo de nortear as estratégias com foco na otimização dos processos, atuando desde as fases iniciais na identificação agentes com potencial inovador. (CANHOS & MANFIO, 2004, p. 239)

A autora Moreira (2002, p. 16), ao demonstrar a viabilidade da produção de biopolímeros, identificou que a produção de polissacarídeo é maximizada nos momentos iniciais da etapa de crescimento. No momento que a glicose é limitada, o polissacarídeo passa a ser consumido pelas bactérias, o que o caracterizaria como uma reserva verdadeira.

Esse aspecto técnico-natural pode ser descrito uma função de produção, onde a produtividade está relaciona com os fatores de quantidade de insumo e capacidade de sintetização da bactéria. Onde a produção de polissacarídeos se torna crescente até o limite de insumo de glicose disponível, que após consumido, o processo torna-se decrescente.

A descrição do meio de produção como uma função de produção ressalta a característica de reprodução natural das biotecnologias, em detrimento a reprodução mecânica. Nesse sentido a função de produção do processo completo, seria composto de nanocomponentes relacionados a função de produção do processo natural.

Os resultados finais em termos de quantidade e qualidade dos processos de reprodução natural serão limitados as características biológicas dos microrganismos. Porém a reprodução natural permite que esses resultados possam ser otimizados com a combinação de outras biotecnologias, como a molecular e a genômica. Onde através das modificações genômicas dos microrganismos seria possível reprogramar as características e melhorar os resultados.

Genômica consiste na atividade de sequenciar genomas e derivar informações teóricas a partir da análise das sequências utilizando ferramentas computacionais. Em contraste, a genômica funcional define o status do transcriptoma e do proteoma de uma célula, tecido ou organismo sob condições definidas.

... com isso fornece informações para a busca de novos alvos para estratégia de busca e descoberta em biotecnologia.

Desenvolvimentos em tecnologia de sequenciamento e biologia molecular permitem hoje o sequenciamento em larga escalda de DNA e a coleta em larga escala de dados experiementais através de ensaios robotizados e automatizados (CANHOS & MANFIO, 2004, p. 241)

Nesse sentido o sequenciamento genético e genômica são componentes aditivos que alteram a dinâmica da biotecnologia microbiana e consequentemente da inovação biotecnológica e inovação como um todo. Impactam de forma concomitante a inovação tecnológica mecânica, por demandar equipamentos e ferramentas adequadas para proporcionar a pesquisa, desenvolvimento produção das ofertas biotecnológicas.

No processo de inovação biotecnológico se destaca o campo da biogeografia microbiana, relacionado com a fase de descoberta, que se concentra na distribuição geográfica dos microrganismos. E se torna fundamental pois os atributos que busca a biotecnologia não necessariamente são encontrados em todos os organismos de uma mesma espécie, mas estão associadas com linhagens específicas e guardam relação simbiótica como o ambiente – meio, plantas e hospedeiros – que habita. (CANHOS & MANFIO, 2004, p. 240)

Outro componente importante no processo de inovação biotecnológica é a possibilidade da extração ácidos nucleicos diretamente dos biomateriais, através das metodologias moleculares associadas às técnicas de hibridização, dispensando assim a necessidade de cultivo. Esse método proporciona que seja analisado com maior precisão as novas classes de microrganismos. (CANHOS & MANFIO, 2004, p. 242)

Diante as premissas levantadas acerca da inovação e das tecnologias e biotecnologias, como um fenômeno natural da economia, e os mecanismos econômicos vigentes, enquanto leis naturais, seriam resultados de um processo evolutivo biológico, em torno de competição e sobrevivência, este estudo teórico evidenciou a existência de um ambiente nanoeconômico dentro do processo biotecnológico microbiano que se aplicaria para o caso geral da economia.

No caso da produção de biopolímeros microbianos, o seu resultado enquanto microcomponente ou componente seria obtido da combinação de nanocomponentes tangíveis e intangíveis relacionados com aspectos técnicos, científicos, desenvolvimento, produtivos e as características biológicas relacionados com as variáveis que configuram a inovação.

Nesse sentido a “Nanoeconomia” compreenderia os “nanocomponentes”[[4]](#footnote-5) tangíveis e intangíveis, que dentro de uma concepção transversal e holística e em suas diversas dimensões e níveis de combinações que formam os microcomponentes, que por sua vez formam os componentes, caraterizados pelos fatores que envolvem as ofertas e demandas dos agentes microeconômicos.

Sendo assim o ambiente nanoeconômico compreenderia todos os nanocomponentes possíveis, tangíveis e intangíveis, descobertos ou ainda não descobertos, mutáveis e momentaneamente imutáveis existentes ao ambiente econômico, formando através de combinações, os seus componentes. Nesse sentido as evoluções observáveis, inclusive as inovações são o resultado das combinações destes nanocomponentes econômicos.

Este capítulo identificou que as inovações contribuem com o desenvolvimento econômico através dos acréscimos no corpo de conhecimento capazes de gerarem ofertas transformadoras efetivas, dependentes de um conjunto de variáveis relacionados com o estoque de conhecimento técnico, científico e produtivo, maximização do bem-estar e a interação dos agentes econômicos, e o nível de assimetria de informações em todos as etapas do processo.

# BIOPOLÍMEROS MICROBIANOS

Neste capítulo buscou-se verificar os aspectos conceituais, técnicos e mercadológicos fundamentais acerca dos biopolímeros microbianos por meio de levantamento bibliográfico e análise de dados de bases de produção científica, patentes e comerciais, as relacionando com as variáveis influentes no processo de inovação. Com base nesses levantamentos realizou-se a seleção das classes de biopolímeros microbianos com maior potencial de uso industrial.

## CONCEITOS

Os biopolímeros são polímeros ou copolímeros compostos de proteína, ácido nucleico ou polissacarídeo produzidos por microrganismos vivos que utilizam como base para produção as fontes renováveis (milho, cana-de-açúcar, celulose, entre outros). Estes biomateriais são compostos por bioativos e têm a característica de interagir com as texturas naturais. (BORSCHIVER, et al., 2008) (MOREIRA, 2002, p. 15)

Ainda pode acrescentar que os biopolímeros se caracterizam por polissacarídeos microbianos, produzidos a partir da maioria dos microrganismos que possuem a capacidade de crescer em culturas puras, enzimas purificadas e fermentações de larga escala. Esse processo ocorre naturalmente no meio ambiente, como um mecanismo de proteção dos microrganismos aos ambientes hostis. (MOREIRA, 2002, p. 15) (BORSCHIVER, et al., 2008)

De acordo com (NERY, et al., 2008, p. 1937), os “biopolímeros microbianos são macromoléculas, podendo ser sintetizados por fungos e leveduras”. E possuem uma grande gama de aplicações industriais, sendo que suas características de viscosidade podem variar de acordo com a composição química da combinação da cepa, fonte de carbono, teor de oxigênio temperatura e tempo de fermentação.

A produção de exopolissacarídeos pode ser realizado por bactérias Gram-positivas, através de processos extracelulares – por enzimas lipoproteicas, e por bactérias Gram-Negativas por meio de processos intracelulares – instáveis na maioria das bactérias. Os biopolímeros também podem ser sintetizados por fungos de algas. (MOREIRA, 2002, p. 22)

Muitos gêneros de bactérias têm a capacidade em comum de produzir polissacarídeos extracelulares (EPS). Os EPS’s formam uma espécie de capa ao redor da célula ou são eliminados em forma de muco. Tais microrganismos são encontrados em abundância no meio ambiente, em diferentes *habitats*. (MOREIRA, 2002)

A produção de polissacarídeos extracelulares é realizada por diversos tipos de bactérias, onde os polissacarídeos extracelulares (EPS) se configuram na forma de capsula protetora da célula, em forma de muco excretado para o meio externo. A diversidade na produção de EPS se dá pelo fato que mesmo bactérias que usam outras fontes, como as fixadoras de oxigênio, precisam utilizar as fontes de carbono em forma de carboidratos. (MOREIRA, 2002, p. 15)

A viabilidade da produção em escala industrial de biopolímeros microbianos está relacionada com o nível as propriedades reológicas do microrganismos e técnicas de manipulação e produção, sendo um conjunto de características que configuram a apresentação final do elemento. Entre elas estão a viscosidade, elasticidade, viscoelasticidade, pseudoelasticidade, a capacidade de formar gel, emulsões e suspensões.

De acordo com Brito *et al* (2011, p. 128), o desenvolvimento de biopolímeros ainda apresentam limitações para sua utilização como produto final, e que estão sendo empregados esforços para avançar na progresso de propriedades processabilidade, resistência térmica, características mecânicas, reológicas, permeabilidade a gases e índice de degradação.

A habilitação para aplicação industrial dos biopolímeros está vinculada ao atendimento dos requisitos em suas propriedades reológicas que o mantenham estável e constantes mudanças térmicas, de PH e de forças iônicas. (MOREIRA, 2002, p. 29)

Nesse sentido as propriedades reológicas da produção de biopolímeros microbianos são um dos nanocomponentes envolvidos no processo, e determinantes para o alcance de níveis técnicos que proporcionem a substituição de polímeros de origem fósseis, efetivando assim o processo de inovação, ao mesmo tempo que criaria uma inversão de processo possibilitaria novas combinações inovadoras.

Entres as principais técnicas para produção de biopolímeros estão o electrospinning, síntese por bactérias, produção por via enzimática, conjugação de proteínas, modificação de cadeia péptica, modificação de anel aromático, Fermentação submersa.

A produção de biopolímeros pode se dar através da síntese por bactérias ou por via enzimática. A produção por via enzimática consiste na utilização de enzimas purificadas, sem a atuação direta da bactéria. A técnica de síntese por microrganismos consiste da produção do biopolímero meio líquido, onde os microrganismos mantidos em meios de culturas compostos de fonte de carbono e sais minerais. (MOREIRA, 2002, p. 17)

A técnica de produção de polissacarídeos extracelulares (EPS), por síntese de bactérias a partir de açúcares consiste nos procedimentos de: sintetização; ação da bactéria; Morte celular por inativação e lise celular; seleção de células viáveis; fermentação por tempos; cultivação em meio líquido; recuperação; secagem; pesagem; solubilização (comportamento reológico); análise do nível de viscosidade; hidrolização e definição da composição química. (MOREIRA, 2002)

## PESQUISAS

Para verificar o panorama das pesquisas envolvendo os biopolímeros microbianos, realizou-se um levantamento de dados através da plataforma Scifinder Scholar, utilizando os termos: *microbial biopolymers, microorganisms biopolymers, microbial polyesters, microorganisms polyesters,* reportando 5.718 referências em 2 (duas) bases de dados, a CAPLUS com 5.143, representando 90% e MEDLINE com 575, representando 10%.

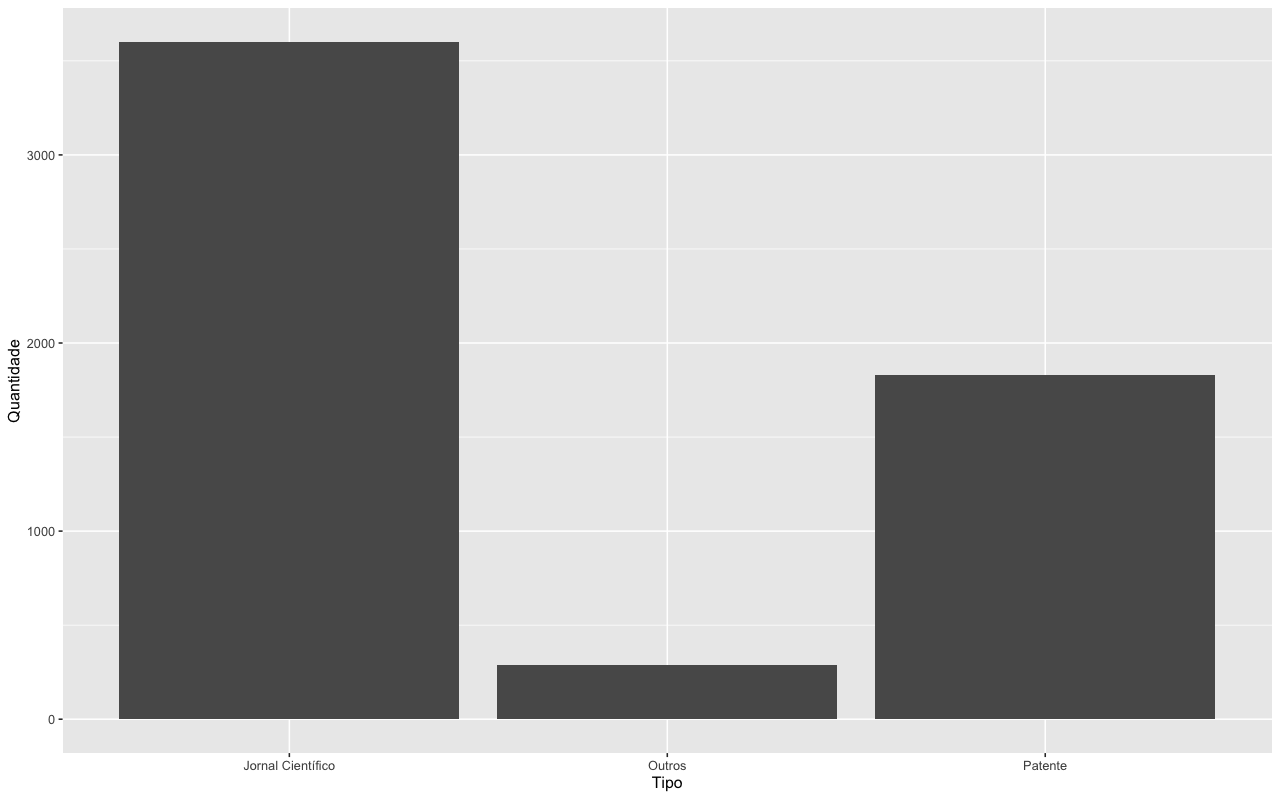
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Base** | **Referências** | **Participação** |
| CAPLUS | 5.143 | 90% |
| MEDLINE | 575 | 10% |

Tabela 3.1 Referências de pesquisas envolvendo biopolímeros microbianos

Fonte: Scifinder Scholar

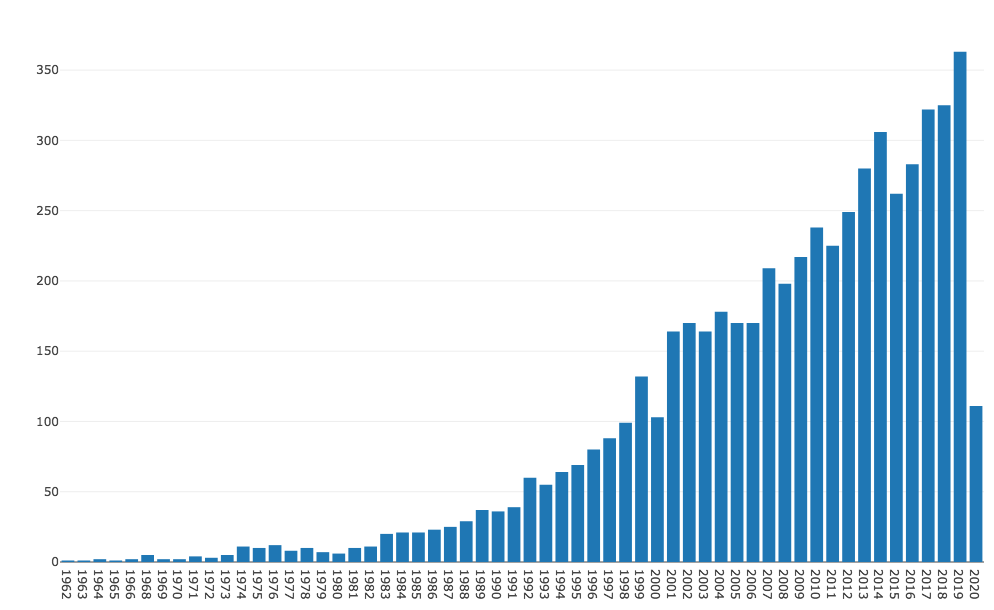
A concentração na base CAPLUS atua como um sistema de aprendizagem e difusão do conhecimento das produções científicas com referência a biopolímeros microbianos. Podendo ser associado a um fluxo circular de informações cientificas, que ocorre de forma interativa entre os agentes de pesquisa e desenvolvimento.

De acordo com o levantamento, entre as publicações cerca de 63% referem-se a artigos publicados em jornais científicos, 32% de patentes e 5% de outras formas de documentação. A grande concentração de publicações em jornais científicos demonstra que as pesquisas acerca dos biopolímeros microbianos atuam em forma de sistema, baseado em conhecimento prévio e o número significativo de patentes indica uma inclinação para a interação entre os agentes.



Os números de publicações científicas podem ser considerados como a variável *proxy* para assimetria de informação em torno de conhecimentos técnicos-científicos. Já o número de publicação de patentes pode ser tido como uma proxy para a interação técnico-produtiva entre os agentes econômicos.

O número de publicações com referência de biopolímeros microbianos, nas bases CAPLUS e MEDLINE – com registro desde a década de 1960 –, tiveram grande salto e com crescimento exponencial a partir do ano de 2000, chegando a atingir cerca de 363 publicações em 2019.



##### Figura 3.1 Evolução de publicações sobre biopolímeros microbianos.

Entre as publicações com referência de idioma, 68,12% são em inglês. Os idiomas, japonês, chinês e alemão aparecem com 12,07%, 10,9% e 3,13% respectivamente. Os demais idiomas somam 2,49%. Em idioma português foram publicadas 26 pesquisas durante o período.

|  |  |
| --- | --- |
| **Idioma** | **Participação** |
| Inglês | 68.12% |
| Japonês | 12.07% |
| Chinês | 10.9% |
| Alemão | 3.13% |
| Russo | 1.75% |
| Coeano | 1.54% |
| Outros | 2.49% |

Quadro 3.1 Idiomas das publicações contemplando o termo biopolímeros microbianos.

A concentração massiva das publicações no idioma inglês ressalta a importância do tema de biopolímeros microbianos em cenário internacional. O nível de acesso a ensaios, artigos, dissertações, teses e patentes guarda relação com o fator de disseminação da biotecnologia microbiana. Demonstra que o domínio de outros idiomas atua como um componente da variável assimetria de informação.

Nesse sentido além da importância do acesso às bases de pesquisa por parte do corpo científico, técnico, governamental e empresarial, existe uma necessidade de, não somente, uma proficiência na língua inglesa, como a domínio da linguagem técnica deste idioma, para que o processo de disseminação possa ocorrer com maior celeridade.

De acordo com o levantamento no Scifinder, considerando as mil principais instituições referenciadas, o Japão concentra 174 instituições com 741 pesquisas, representando 23%, a China com 169 instituições e 668 pesquisas, representando 20%, os Estados Unidos com 155 instituições e 489 pesquisas, representando 15% e a Alemanha com 60 instituições e 164 pesquisas, representando 5%.



Figura 3.2 Mapa de Concentração de Pesquisas por País

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados

Dentre as pesquisas acerca de biopolímeros microbianos realizada no Scifinder, 1.272 contém como índices o termo biopolímeros e 3.004 contém no índice os termos, microbiano, microrganismos, microbiologia. Entre os termos suplementares os que ocorrem com maior frequência são: microbiano, poliéster, microrganismo, biopolímero, polímero com 1.554, 1.467, 1045, 807, 683 ocorrências respectivamente.

### PATENTES

Para verificar o panorama das patentes foi realizado um levantamento através da plataforma Espacenet. A pesquisa[[5]](#footnote-7) verificou títulos e resumos que contivessem os termos associados aos biopolímeros microbianos da classe PHA em adição do termo ‘plástico’ e filtro pela C indicando a utilização de processos químicos para aplicação industrial.

A pesquisa na plataforma Espacenet relacionada a biopolímeros microbiano para produção de plásticos, retornou 438 resultados. Foi percebido um constante número de publicações de patentes ao longo dos anos, tendo um pico no ano de 2014 com 45 publicações e em 2018 chegou ao patamar de 71 publicações de patentes relacionadas com o tema deste estudo.

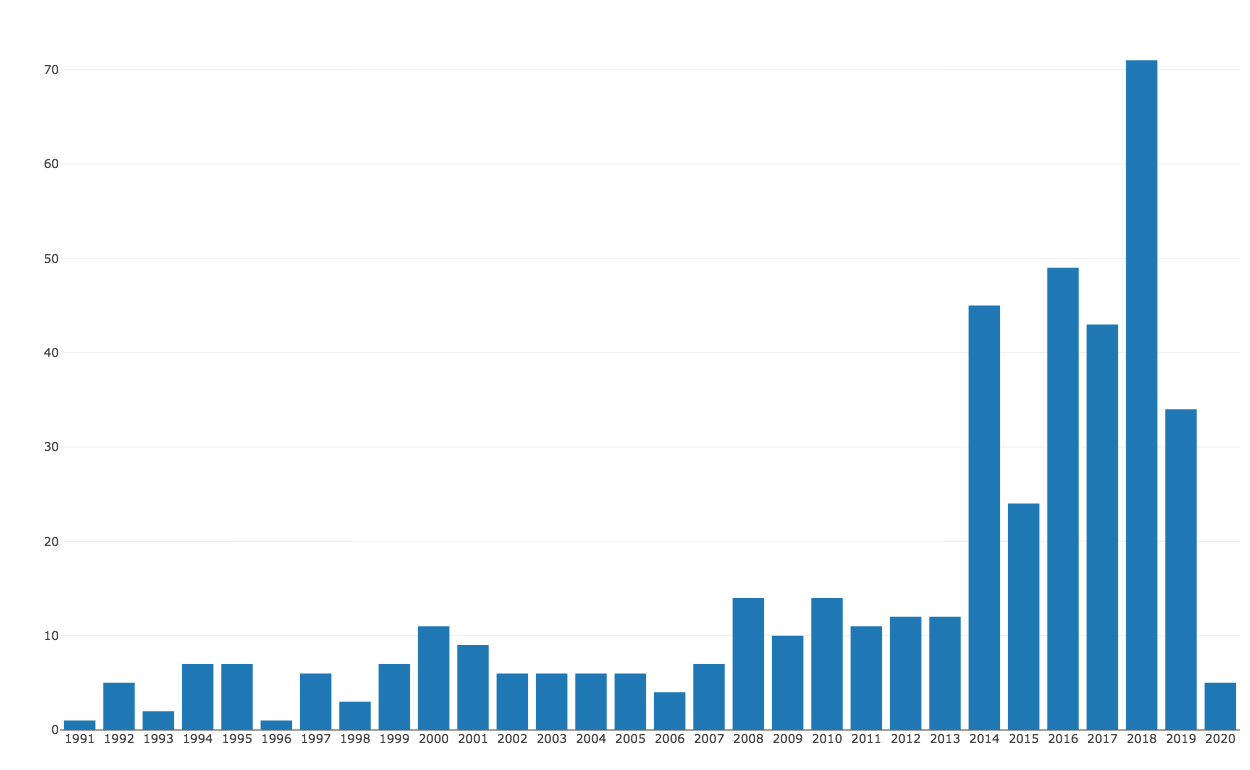


Figura 3.3 Evolução das publicações de patentes relacionadas à biopolímeros microbianos plásticos na base Espacenet

Dentre os principais requerentes de patentes com os critérios selecionados estão a Procter & Gamble com 10, Korea Advanced com 9, Feng Kefa com 7 e Canon com 6 publicações. Entre as demais empresas identificadas como produtoras comercias de biopolímeros microbianos a Monsato e PHB industrial aparecem com 3 cada e Metabolix e Tianan com 1 publicação cada.

Entre requerimentos, 29% são oriundos dos Estados Unidos, 11% da Corea do Sul, 7% da Alemanha, 5% da China, 5% do Japão e 3% do Brasil e 40% de outros países. Em relação aos inventores, 26% são dos Estados unidos, 9% da Corea do Sul, 5% da Alemanha, 5% do Japão, 5% da China e 4% do Brasil e 51 de outros países.

Entre os países que mais receberam publicações estão a China com 389, os Estados Unidos, 88, o Japão com 55. Em relação as versões de idiomas das publicações, 672 foram publicadas em inglês, 389 em chinês, 58 em japonês, 34 em coreano, 16 em Alemão e 18 em outros idiomas.

## BIOPOLÍMEROS MICROBIANOS PHA`s

Entre as principais classes de biopolímeros observadas em projetos de pesquisa estão o PLA, PHA, PHB, PHBV, PA, Goma Xantana, Pululana, Dextrana, Celulose bacteriana, Levana, Fibrina, Pectina, Quitosana, Goma Gelana e o PCL. Estes biopolímeros são obtidos por vários métodos e processo e atendem a uma vasta gama de aplicações.

De acordo com Agnelli e Faria (2007), o PHB – polihidroxibutirato, PHBV – polihidroxibutirato-co-hidroxivalerato pertencem à família dos PHAs – polihidroxialcanoatos que se enquadram na classe de biopolímeros microbianos. Entre os PHAs ainda se inclui o PHBHx – polihidroxibutirato-co-polihidroxihexanoato.

Diante as informações levantadas, para aprofundamento do estudo será selecionada a classe de biopolímeros PHAs, por se tratar de biopolímeros obtidos por meio de biossíntese microbiana, e apresentarem o maior potencial de substituição industrial aos polímeros de origem fósseis, se qualificando ao atendimento do objeto deste estudo.

Em consulta na plataforma Scifinder Scholar, os termos referentes a família dos *polihidroxialcanoato* (PHAs e PHBs)*,* recorte final deste estudo, apareceram como índice em 473 pesquisas e 1.055 ocorrências como termos suplementares.

### PHA

Os biopolímeros PHA – polihidroxialcanoato – são provenientes de uma larga gama de poliésteres resultante da biossíntese bacteriana direta a partir de várias fontes de carbono como cana-de-açúcar, milho e óleos vegetais, entre outros. Dependendo da composição do carbono e das características metabólicas dos microrganismos, diversas combinações de monômeros e consequentemente polímeros e copolímeros podem ser geradas. (BORSCHIVER, et al., 2008, p. 256) (BRITO, et al., 2011, pp. 133-135)

De acordo com Brito *et. al.* (2011, pp. 132-133), as características físicas e biodegradáveis tornam o PHA um potencial substituto para polietileno e polipropileno – polímeros não degradáveis. Além de, por possuir grupos funcionais, há possibilidades de se realizar modificações, gerando novos biopolímeros como o: Polihidroxibutirato – PHB e suas variantes PHBV, PHBHx, PHBO e o PHBOBd.

Segundo Brito *et. al.* (2011, p. 134), a principal desvantagem do PHA como *commodity* biopolimérica, é seu elevado custo de produção, mesmo havendo iniciativas para otimização, ainda não está em condições de competir com os polímeros fósseis. Porém, como utilização inovadora, como aplicações na medicina, o fator preço não se torna um empecilho para a disseminação deste bioinsumo.

De acordo com os autores, a ampla gama de bactérias, e fontes de carbono que podem ser combinadas para sintetizar o PHA, assim gerando novas características, podendo potencializar ainda mais o uso deste biopolímero.

#### PBH

O biopolímero PHB – polihidroxibutirato – é biocompatível, podendo ser absorvido pelo organismo humano. Entre as possibilidades de fabricação estão os biomedicamentos e bioprodutos para saúde, produtos de limpeza e higiene. Entre suas variações com maior destaque de aplicabilidade está o PHBHx – o poIihidroxibutirato-*co*-polihdroxihexanoato. (BORSCHIVER, et al., 2008, p. 258), o

O PHB apresenta a característica cristalina superior a 50%, tendo como ponto de fusão a 175ºC, e transição vítrea a 5ºC, podendo ser de baixo, alto e ultra alto peso molecular, possuindo propriedades termoplásticas. Essas características que o habilitam com maior potencial para substituição dos polímeros fósseis (BRITO, et al., 2011, p. 133).

Em condições de excesso de nutrientes (fontes de carbono), e a limitação de pelo menos um nutriente necessário à multiplicação das células (N, P, Mg, Fe), muitos microrganismos normalmente assimilam estes nutrientes e os armazenam para o consumo futuro. (BRITO, et al., 2011, pp. 133-135)

### SUBSTITUIÇÃO

Algumas classes de biopolímeros possuem grande possibilidade de substituir parcialmente ou totalmente os polímeros de origens fósseis. Porém, mesmo com todas as potenciais vantagens dos biopolímeros, estes ainda possuem limitações em termos de substituição perfeita e uso como produto final. O Quadro 3.2 traz uma análise comparativa de substituição entre os polímeros e biopolímeros. (BRITO, et al., 2011, pp. 127-128)

A autora Moreira, (2002) demonstrou a viabilidade de produção industrial de biopolímero produzido a partir da bactéria *Beijerinckia spp* *7070*, chegando a resultados que demonstram as características pseudoplásticas, organolépticas e de suspensão, com alta viscosidade e baixa deformação.

De acordo com Moreira (2002, pp. 16-17), diversa atuações estão sendo realizadas para otimizar os processos de produção de biopolímeros, com objetivo de reduzir a utilização de meios de cultura e tempo de fermentação. E essas otimizações são fundamentais para a viabilização de produção industrial.

Quadro 3.2 Comparação de potencial de substituição de alguns polímeros provenientes de fontes fósseis por biopolímeros

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Polímero** | **PVC** | **PEAD** | **PEBD** | **PP** | **CC-PS** | **PS** | **PMMA** | **PA** | **PET** | **PC** |
| Amido | - | + | + | + | ? | - | - | - | - | - |
| PLA | - | + | - | + | - | + | - | + | + | - |
| PHB | - | + | - | ++ | ++ | + | - | - | - | - |
| PHBHx | + | ++ | ++ | ++ | ? | + | - | - | + | - |

Legenda: ++ Substituição completa; + Substituição parcial; - Não substitui

Fonte: Reproduzido de (BRITO, et al., 2011, p. 128) e (WOLF, Oliver, 2005)

Dentre os biopolímeros analisados por Brito *et al*. (2011, p. 127) o PHB e o PHBHx são os que apresentam maior potencial de substituição para uso industrial aos polímeros de origens fósseis. O PHB possui potencial de substituição parcial para o PEAD e PS e substituição completa para PP. O PHBHx possui potencial para substituição parcial para PVC, PS e PET e substituição completa para PEAD, PEBD e PP.

O Quadro 3.3, representa os produtores comerciais de polímeros da família PHA identificados por Brito (2011) em 2011.

Quadro 3.3 Produtores Comerciais de PHA

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nome Comercial** | **Fornecedor** | **Origem** |
| Biopol | Monsato – Metabolix | EUA |
| Mirel | Metabolix / ADM | EUA |
| Biocycle | PHB Industrial S/A | Brasil |
| Enmat | Tianan | China |
| Biomer L | Biomer | Alemanha |
| Nodax | Procter & Gamble | EUA |

Fonte: Reproduzido de (BRITO, et al., 2011)

Através de levantamento na base de dados de plásticos, Material Data Center, foram identificados 5 (cinco) produtores comerciais de biopolímeros PHA’s e 3 produtores de biopolímeros PHB’s, descritos de acordo com o nome comercial, produtor e classificação no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 Produtores Comerciais PHA e PHB na base Material Data Center

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nome Comercial** | **Produtor** | **Classificação** |
| Biocycle | PHB Industrial | PHB |
| Biomer | Biomer | PHB |
| Enmat | Tianan | PHBV\* |
| Ambio | Ecomann | PHA |
| Beograde | Beologic | PHA |
| Mirel | Telles | PHA |
| Mvera | BIO-FED | PHA |
| Sogreen | Tianjin GreenBio | PHA |

Fonte: Material Data Center

\* Essa informação foi atualizada a partir de especificações técnicas do produto encontradas na página pública do produto

Foi realizada pesquisa na base de dados Omnexus, buscando por biopolímeros PHA e PHB de base biológica e biodegradáveis, remontando 9 (nove) marcas, com variantes, produzidas por 9 (nove) empresas, descritos no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 Produtores Comerciais de PHA e PHB na base Omnexus

|  |  |
| --- | --- |
| **Marca** | **Produtor** |
| Biocycle | PHB Industrial |
| Biomer | Biomer |
| Minerv | Bio-on |
| Mirel | Yield10 Bioscience |
| Mvera | BIO-FED |
| PHE | Natureplast |
| Nodax | Danimer Scientific |
| PHBH | Kaneka |
| VersaMer | PolyFerm Canada Inc. |

Fonte: Base de Dados Omnexus

O Quadro 3.6 é resultante da combinação das pesquisas da bases Material Data Center e Omnexus e Quadro 3.3, excluindo os biopolímeros consideradas blendas, incluindo a indicação de referência de código HS. O Quadro 3.7 traz a referência de código HS para os polímeros PP, PEBD e PEAD em suas forma primárias.

Quadro 3.6 Relação de produtos provenientes de PHA e PBH com classificação HS

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Marca** | **Produtor** | **Classificação** | **HS CODE** |
| 1 | Ambio | Ecomann | PHA | 391390 |
| 2 | Beograde | Beologic | PHA | NI |
| 3 | Biocycle | PHB Industrial | PHB | NI |
| 4 | Biomer | Biomer | PHB | 390799 |
| 5 | Enmat | Tianan | PHBV | 392099 |
| 6 | Minerv | Bio-on | PHA | 392099 |
| 7 | Mirel | Telles / Yield10 Bioscience | PHA | 390799 |
| 8 | Mvera | BIO-FED | PHA | 390799 |
| 9 | PHE | Natureplast | PHA | 392099 |
| 10 | Nodax | Danimer Scientific | PHB-Hx | NI |
| 11 | PHBH | Kaneka | PHA | 390720 |
| 12 | Sogreen | Tianjin GreenBio | PHA | 390799 |
| 13 | VersaMer | PolyFerm Canada Inc. | PHA | NI |
| 14 | Biopol | Monsato – Metabolix | PHBHV | 390690 |

Quadro 3.7 Código de referência HS para os polímeros PP, PEBD e PEAD em forma primárias

|  |  |
| --- | --- |
| **Polímero** | **HS CODE** |
| **PP** – Polipropileno | 390210 / 390230 |
| **PEBD** – Polietileno de baixa densidade | 390110 |
| **PEAD** – Polietileno de alta densidade | 390120 |
| **CC-PS –** Cristal poliestireno | 390310 |

O próximo capítulo irá verificar as relações entre as variáveis das formas primárias dos polímeros fósseis PP, PEABD, PEAD, CC-PS englobados nas posições alfandegárias do sistema harmonizado 390210, 390230, 390110, 390120 e os biopolímeros microbianos da família dos PHA’s capazes de os substituir de forma total, nas posições 391390, 390799, 390720, 390690.

# ASPECTOS ECONÔMICOS

Este capítulo verificou a relação custo-volume e impacto ambiental entre os polímeros fósseis que podem ser substituídos totalmente por biopolímeros microbianos através de suas posições alfandegárias no sistema harmonizado de classificação, obtendo dados do Banco Mundial, Ministério do Comércio Exterior do Brasil e IBGE, entre os anos 1997 e 2019.

Serão analisadas dos dados de preço e volume de importações e exportações das posições alfandegárias (SH) referentes aos polímeros fósseis substituíveis e seus correspondentes biopolímeros microbianos, e preço e volume da posição alfandegária (SH) referente à componente nafta do petróleo. E será utilizando um parâmetro técnico para estimar o impacto ambiental relacionado ao volume.

## O MERCADO DE POLÍMEROS E BIOPOLÍMEROS

Segundo dados do banco mundial, entre os anos de 2017 e 2019 as exportações de plásticos em suas formas primárias foram em média de USD 249,32 bi, e as importações foram em média USD 261.22 bi.

Quadro 4.1 Exportações e importações mundiais de plásticos em formas primárias – 2017 a 2019   
(USD 1.000 )

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Ano** | **Exportação** | **Importação** |
| 2017 | USD 243.632.190,65 | USD 258.117.495,60 |
| 2018 | USD 282.578.281,502 | USD 308.965.641,67 |
| 2019 | USD 221.779.416,991 | USD 216.586.562,24 |

Fonte: Banco Mundial

As importações brasileiras de plásticos em suas formas primárias entre os anos de 1997 e 2019 foram em média de U$ 3,12 bi, com volume de 1,77 mi de toneladas por ano, e as exportações foram em média U$ 1,8 bi, com volume de 1,28 mi de toneladas por ano.

As importações dos polímeros fósseis selecionados tiveram em média anual um valor de U$ 709,2 mi, volume de 523.780 toneladas e preço unitário por quilo de U$ 1,22 com um aumento no volume de 439%. As posições referentes aos biopolímeros microbianos foram em média anual de U$ 506,1 mi, volume de 232.511 toneladas com um preço médio de U$ 2,07 por quilo, tendo um aumento de 184% no volume.

Considerando que o Brasil possui somente um produtor de biopolímeros microbianos, e que as exportações relacionadas as posições alfandegárias são em de média 33.240 toneladas, este estudo irá se focar nos dados de importação, representando a necessidade adicional de insumos poliméricos à produção nacional.

Quadro 4.2 Valor e Volume de Exportações e Importações Brasileiras de plásticos em formas primárias – 1997 a 2019 (em milhões de R$ e Ton)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Ano** | **Valor**  **Exportações** | **Volume de Exportações** | **Valor**  **Exportações** | **Volume Importações** |
| 1997 | 567,7482 | 570.145,80 | 1.089,74 | 765.889,80 |
| 1998 | 479,1511 | 585.461,60 | 1.113,30 | 896.160,20 |
| 1999 | 461,7082 | 611.920,40 | 1.007,64 | 776.607,90 |
| 2000 | 662,3056 | 787.861,40 | 1.315,70 | 1.004.653,70 |
| 2001 | 517,2418 | 651.402,80 | 1.264,04 | 1.036.248,20 |
| 2002 | 536,3215 | 786.381,60 | 1.212,04 | 1.047.111,60 |
| 2003 | 781,0197 | 1.038.265,70 | 1.216,99 | 958.677,80 |
| 2004 | 1.024,22 | 988.518,50 | 1.575,51 | 1.092.985,80 |
| 2005 | 1.425,42 | 1.191.334,30 | 1.964,03 | 1.172.671,20 |
| 2006 | 1.819,76 | 1.381.935,70 | 2.328,41 | 1.281.406,30 |
| 2007 | 2.089,16 | 1.440.823,10 | 2.838,32 | 1.444.868,00 |
| 2008 | 1.774,30 | 1.027.345,40 | 3.938,68 | 1.869.953,70 |
| 2009 | 1.908,61 | 1.667.782,50 | 3.132,04 | 1.815.920,80 |
| 2010 | 2.176,13 | 1.416.256,60 | 4.333,20 | 2.294.698,10 |
| 2011 | 2.793,19 | 1.592.253,60 | 5.443,19 | 2.616.041,50 |
| 2012 | 2.574,91 | 1.566.058,60 | 5.075,45 | 2.414.567,20 |
| 2013 | 2.398,22 | 1.364.867,80 | 5.759,58 | 2.804.915,10 |
| 2014 | 2.453,87 | 1.362.143,40 | 5.692,85 | 2.761.155,90 |
| 2015 | 2.358,53 | 1.672.375,50 | 4.515,78 | 2.427.139,00 |
| 2016 | 2.534,52 | 2.126.661,50 | 3.740,45 | 2.306.837,60 |
| 2017 | 2.614,33 | 2.083.569,00 | 4.127,95 | 2.431.227,00 |
| 2018 | 2.413,40 | 1.750.804,90 | 4.643,13 | 2.611.968,80 |
| 2019 | 2.162,76 | 1.815.371,10 | 4.459,28 | 2.839.639,30 |

Essa perspectiva será abordada dentro da problemática que envolve os preços dos insumos vinculados as flutuações do petróleo e os impactos ambientas gerados pelos processos de extração, refino e descarte dos polímeros sintéticos.

Os dois fatores apresentados – preço e impacto ambiental – estão diretamente relacionais, e atuam concomitantemente em efeito cascata durante todo as fases do processo, pois o processo mecânico mesmo que em seu maior nível de eficiência, levam a estruturas de custos elevadas, as quantidades de impurezas geram necessidades de novas etapas, e a responsabilidade ambiental implicam em esforços monetários e não monetários, para reduzir os impactos e minimizar os riscos de desastres.

Ao longo do processo de evolução tecnológica e industrial, os insumos e produtos poliméricos provenientes de combustíveis fósseis tomaram grandes proporções nas possibilidades desenvolvimento e produção de insumos e produtos, tendo aplicações nos principais seguimentos da economia, como medicina, agricultura, construção, embalagens e eletroeletrônicos. Em 2008 a produção de polímeros era estimada em aproximadamente 180.000.000 t/ano. (BORSCHIVER, et al., 2008, p. 256)

O consumo de produtos plásticos ao longo dos anos vem produzindo grande número de resíduos desse material os quais se acumulam pelos aterros gerando problemas ambientais consideráveis. Os plásticos ou polímeros não biodegradáveis contribuem bastante para esses problemas, pelo fato de possuírem elevada resistência a degradação demorando anos para se decompor. Portanto, pesquisadores e indústria vêm buscando alternativa para minimizar os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de produtos fabricados com plásticos. (BRITO, et al., 2011, p. 127)

Os polímeros termoplásticos têm como principal composição os hidrocarbonetos provenientes do petróleo, e toda essa cadeia de produção depende deste. Dois fatores vêm se evidenciando para voltar esforços no sentido de apontar alternativas de substituição dos polímeros convencionais. O primeiro envolve os riscos de flutuação do valor da *commodity*, e o segundo está relacionando aos grandes impactos ambientais do descarte desses insumos e produtos. (BORSCHIVER, et al., 2008, p. 256)

As alternativas para os polímeros convencionais, segundo Borschiver (2008, p. 256), se concentram nos produtos denominados de biopolímeros e os biomateriais. De acordo com a autora, os organismos atuam em uma matéria-prima principal, um carbono renovável, derivados de plantios comerciais produzidos em larga escala como cana-de-açúcar, milho, batata, trigo, e óleos extraídos da soja, girassol, palma entre outras.

Mesmo com o crescimento da oferta e redução dos custos, para Borschiver (2008, p. 257), o maior obstáculo para uma maior penetração dos biopolímeros no mercado continua sendo o preço, em termos médios estando 50% acima dos principais polímeros sintéticos comercializados. A autora explana que entre o período entre 1990 e 2002, a cada ciclo bianual registrou movimento duplicação da demanda.

Segundo Borschiver (2008, p. 257), estudos econômicos apontam que para o cenário de 2020, levando em consideração a curva de evolução tecnológica e do preço do petróleo em distintas perspectivas, que os preços do principal polímero convencional (tereftalato – PET) e os biopolímeros convergiriam para o patamar de US$ 1/Kg mediante a faixa de preço do barril de petróleo entre US$ 25 a US$ 50 / barril.



Segundo Brito *et al*. (2011, p. 130), as barreiras, além de questões técnicas e econômicas e culturais, estão associadas a ‘consciência’ dos agentes a respeito do tema. A falta de consciência indicada pelo autor vai de encontro ao objeto deste estudo, se caracterizando como a assimetria de informação a respeito dos aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais que envolvem o processo de inovação em torno do desenvolvimento de desta biotecnologia.

De acordo com Brito *et al*. (2011, p. 130) o mercado de biopolímeros ainda não representa uma ameaça real para as petroquímicas. E o foco atual das iniciativas está voltado para a oferta de novos insumos e produtos, diferenciados e com valor agregado gerando diferencial competitivo. E que a expectativa que ocorresse uma redução de 20 a 25 % nos preços até 2016.

# ANOTAÇÕES

Diante a redução dos recursos e aumento populacional, se evidencia a necessidade de promover o desenvolvimento sustentável voltado para o longo prazo, de forma a nortear o processo de produção e distribuição dos recursos escassos. Entre os principais aspectos estão a necessidade de produzir mais, com menos recursos e reduzir os efeitos danosos dos descartes de matérias industriais no meio ambiente.

Esse novo cenário exige que os processos de inovação apresentem alternativas viáveis para equacionar os aspectos que maximizem a produção e consumo. É onde se evidencia as vertentes da Bioeconomia e Biotecnologia, que voltam seus esforços para o estudo de utilização de recursos biológicos para otimizar os processos e aumentar o bem-estar da população, chegando a soluções que seriam impossíveis através de recursos sintetizados convencionalmente.

Pode-se assinalar que maior parte dos primeiros estudos econométricos sobre o crescimento dos países industrializados atribuiu maior parcela do crescimento medido ao progresso técnico, em vez de considera-lo resultado do aumento do volume dos tradicionais insumos de capital e trabalho. Apesar disso, a mudança técnica permaneceu à margem e não no centro das análises econômicas. (FREEMAN & SOETE, 2008, p. 21)

Segundo Freeman e Soete (2008, p. 22), o Banco Mundial em 1991, passou a atribuir ao progresso técnico como um fator fundamental no processo de desenvolvimento econômico, principalmente aqueles que estão relacionados aos investimentos intangíveis.

Os economistas têm reconhecido há muito tempo a importância da ciência e da tecnologia no crescimento econômico e na produtividade... Sem mudança tecnológica, a acumulação do capital não se sustenta – a taxa de crescimento per capita da economia tenderá inexoravelmente a zero. As invenções de novas máquinas e de produtos intermediários proporcionam oportunidades para novos investimentos. (FREEMAN & SOETE, 2008, p. 541)

### DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Compreende-se por Desenvolvimento Sustentável, aquele que busca atender as necessidades atuais, utilizando os recursos de forma consciente, sem esgotá-los, não comprometendo assim a capacidade das gerações futuras de garantir seu sustento. O que pode ser mantido ou sustentado como aborda Carvalho (2008).

As principais forças indutoras e direcionadoras ao desenvolvimento em biotecnologia são a demanda econômica, direcionada pela indústria, políticas nacionais e internacionais, frequentemente influenciadas ela pressão pública e os avanças em ciência e tecnologia. Juntos estes componentes catalisam o desenvolvimento da biotecnologia, com a geração de novos mercados, solução de problemas crônicos e emergentes [escassez, degradação ambiental] e a melhoria da eficiência e custo de processos industriais. (CANHOS & MANFIO, 2004, pp. 236 apud BULL et all, 2000)

Conforme Nobre & Araújo (2009) o termo sustentabilidade “provém da palavra latina *sustinere*, e significa `manter vivo`, “defender”. Segundo Rodriguez & Pais (2002), existem três vertentes do Desenvolvimento Sustentável: econômica, ambiental e social.

Este conceito é o resultado da constatação de que o crescimento económico...não pode ser feito sem que se verifiquem 2 [duas] evoluções a outros níveis da sociedade. (RODRIGUES, 2002, pág.4)

Para a organização mundial do meio ambiente – WCED[[6]](#footnote-8), os biopolímeros e polímeros verdes, diante suas especificações que o tornam viáveis como substitutos parciais ou completos aos polímeros fósseis, se encaixam no conceito de sustentabilidade, surgindo a classificação de polímeros sustentáveis (BRITO, et al., 2011, p. 130)

[A inovações]... são cruciais para a conservação dos recursos naturais a longo prazo e para a melhoria do meio ambiente. E preservação das mais diversas formas de poluição, como a reciclagem... de produtos inúteis, depende também do avanço tecnológico, bem como das inovações sociais. (FREEMAN & SOETE, 2008)

### BIOECONOMIA

Segundo a publicação (CNI-HARVARD, 2013), “A bioeconomia surge como um novo paradigma para o desenvolvimento sustentável no longo prazo para o século 21.” Para a publicação, o ponto decisivo tem relação com velocidade de alongamento das possibilidades decorrentes pelas ciências biológicas e suas aplacações para solucionar problemas complexos do cotidiano.

...estamos cada vez mais em um período de rápidas mudanças na linguagem; agora não apenas de que forma a vida é codificada (genoma, DNA), como também copiar esse código da vida (clonagem) [... e também editar]. Por sermos capaz de clonar, uma vez encontrada a fórmula correta para uma bactéria que produz uma vacina, será fácil produzir muitas vacinas em curto espaço de tempo. O mesmo ocorre com cepas específicas de milho ou soja, e isso também será verdade se for possível programar algas para produzir produtos químicos. (ENRIQUEZ, 2013)

Nesse sentido a Bioeconomia aponta como decorrência do ciclo de inovações resultantes das pesquisas na área de ciências biológicas, diretamente relacionada ao desenvolvimento e emprego de produtos e processos biológicos, com aplicação nas áreas de saúde, agropecuária e insumos produtivos, envolvendo uma gama de segmentos industriais. (ANDRADE, 2013)

E à medida que as curvas de custos colapsam e a produção aumenta, é possível observar, nas ciências da vida, um fenômeno semelhante ao que ocorreu no código digital. No início, o código digital era uma linguagem obscura utilizada por *nerds*, ao passo que hoje é uma linguagem onipresente, utilizada por todos no mundo inteiro. (ENRIQUEZ, 2013, p. P. 6)

### OFERTA E DEMANDA

A investigação sobre os fatores que envolvem a produção de biopolímeros no processo de inovação biotecnológica, como elemento potencial para solucionar problemas nas esferas econômicas, sociais e ambientais, proporcionando avanço no desenvolvimento econômico, passam primariamente por uma análise microeconômica em termos de oferta e demanda dos mercados e suas diversas configurações, e seu consequente efeito no cenário macroeconômico.

As análises de oferta e demanda guardam relação com os níveis ótimos de atendimento das necessidades dos agentes econômicos no que se relacionam com a alocação, produção e distribuição dos recursos escassos a determinados níveis de preços e quantidades.

A demanda e oferta, como mecanismos de mercado, determinam que o nível de preços e a quantidades estão relacionadas com a disposição dos agentes econômicos em consumir e produzir. Onde quantidade demandada apresenta uma relação inversa com nível de preço e a quantidade ofertada apresenta uma relação direta com o nível de preço. (LOPES & VASCONCELLOS, 2015, p. 3)

As análises de demanda e oferta se aprofundam a investigar aspectos relacionados a teoria do consumidor e suas preferências e restrições, a teoria da firma e composição da oferta, mercados de concorrência.

### ASSIMETRIA DE INFORMAÇÕES

O objeto desse estudo partiu da proposta de verificar a assimetria de informações no processo de bioinovação tecnológica na produção industrial de biopolímeros. Essa assimetria possui componentes que podem ser avaliados sobre a ótica econômica que envolvem o capital; forças produtivas; alocação de recursos, técnicas produtivas; viabilidade econômica; desenvolvimento econômico; sustentabilidade e bem-estar social.

O teor do crescimento científico da tecnologia e o aumento da subdivisão e da especialização dentro das próprias ciência têm levado vários problemas de comunicação entre especialistas e não-especialistas. Isso tem sido acentuado pelas divisões dentro do sistema educacional entre diferentes disciplinas e entre as artes e as ciências. Para muitas pessoas, estas tendências, junto com algumas características desagradáveis da industrialização moderna, têm aumentando a alienação a tecnologia moderna a ponto de as pessoas questionarem sobre a desejabilidade de futuras inovações. (FREEMAN & SOETE, 2008, p. 42)

Para Brito *et al*. (2011, p. 130), as barreiras além das questões técnicas e econômicas, muito se relacionam com a ‘consciência’ e compromisso dos agentes a respeito do tema. A afirmação do autor vai de encontro ao ponto de partida deste estudo, se caracterizando como assimetria de informações e sendo uns dos principais aspectos que devem ser contornados para acelerar o processo que consiste nos desafios de viabilizar a produção dos bioinsumos e bioprodutos.

Mesmo em atividades científicas básicas, o conhecimento público é complementar à forma de conhecimento mais específica (ou tácita), a qual é gerada dentro da unidade de inovação. Como exemplo, tem-se o caso da engenharia mecânica associada às máquinas-ferramenta; na microeletrônica,; na microeletrônica, tem-se o avanço complementar em semicondutores e programação lógica. A variedade de conhecimento básico na busca de inovação implica diferentes graus de *tacitness*, o que explica as diferenças entre setores nas atividades de pesquisa. Assim como na pesquisa científica, o *tacitness* é essência para a inovação na instância da forma... (CONCEIÇÃO, 2000, pp. 65-66)

As premissas econômicas pregam que os mecanismos de mercado são a forma mais eficiente de gerar e distribuir os recursos escassos, maximizando o bem-estar dos agentes econômicos. Porém os mercados podem não necessariamente promover o melhor nível de bem-estar por ocorrerem em falhas, que são classificadas como Falhas de Mercado. Entre as falhas de mercados estão: Existência de bens públicos; mercados incompletos; existência de monopólios; assimetria de informações e inflação e desemprego.

De acordo com Giambiagi (GIAMBIAGI, 2016), ocorre quando o mercado não é capaz de disseminar um nível suficiente de informações para manter as atividade em níveis ótimo em termos econômicos e sociais, gerando distorções e ineficiências.

É bastante difundida a idéia de que, devido as falhas de mercado, seja difícil para a empresa recuperar os gastos em P&D, resultando um menor esforço privado neste tipo de atividade... (POZ, et al., 2004, p. 346)

A assimetria de informação do processo de inovação biotecnológica – objeto deste estudo – se caracteriza como uma falha de mercado, que por ocasião, além de envolver as questões técnicas de pesquisa e desenvolvimento acabam englobando componentes econômicos, e relacionado com demais itens das falhas de mercado como: mercados incompletos; externalidades; monopólio e a existência bens públicos.

Em um exemplo de falha de mercado: o investimento em pesquisa por organizações privadas seria maior caso não existisse o efeito transbordamento (spill overs) para concorrentes. Refere-se portanto à dificuldade em conciliar a necessidade de realização de gastos em pesquisa pública – que amplie a base de conhecimento e crie novas oportunidades tecnológicas – com a percepção crescente de que o conhecimento básico também é alvo de apropriação privada. (POZ, et al., 2004, p. 347)

Nesse sentido o processo para viabilização de bioinsumos e bioprodutos poderia ser acelerado com esforços para reduzir as assimetrias de informações, que envolvem além da disseminação das informações dos aspectos técnicos-produtivos como também dos aspectos econômicos, sociais e ambientais em torno das dificuldades e expectativas.

A minimização da assimetria de informação – em relação aos componentes nela incluídas neste estudo – poderiam atuar no sentido de alinhar esforços das partes, direta e indiretamente envolvidas, em uma visão holística do problema, podendo assim resultar em um avanço do processo de inovação.

Essas abordagens vão de encontro com as concepções de Conceição (2000, p. 61), sobre a “necessidade crescente e cada vez mais complexa de integrar a atividade de pesquisa formal à atividade manufatureira” e que “um significativo número de inovações e melhorias técnicas se origina do *learning-by-doing* e do *learning-by-using.*”

E segundo Conceição (2000, p. 61), esses aspectos fazem emergir consequentemente a visualização das transformações tecnológicas dentro da concepção de metodologia processual que ocorrem de forma cumulativa e dinâmica. Vindo a caracterizar um paradigma em torno dos aspectos técnicos, econômicos e sociais.

...a natureza das atividades de busca em novos produtos e processos se modificou ao longo do último século, devido à crescente complexidade das pesquisas em atividades inovativas, que passaram a se orientar mais para ‘organizações formais’ (laboratórios de P&D das firmas, laboratórios governamentais, universidades, etc.) do que para ‘inovadores individuais’, como meio mais eficaz à produção de inovação (CONCEIÇÃO, 2000, pp. 61 apud DOSI, 1988a, p. 223)

De acordo com Conceição (2000, p. 70), que alguns fatores ressaltam o “papel das inovações tecnológicas como desencadeador de mudanças estruturais no desenvolvimento econômico. Esses fatores giram no processo de disseminação de informações e cooperação técnica, como o *catching up,* e modelos de crescimento baseado em trocas internacionais em torno da “imitação”.

A abordagem do autor ressalta a questão da assimetria de informação, agora na ótica da cooperação técnica, indicando que uma pesquisa, inovação ou produto dela, de forma isolada não é capaz por si só produzir efeitos significativos no desenvolvimento econômico, mas sim através da criação da construção de modelo sistêmico-colaborativo.

Apesar de incerto, o processo de inovação é irreversível e permanente, pois a mudança tecnológica é um aspecto decisivo do ambiente da firma, onde muitas vezes, a opção pela falta de inovação implica seu próprio desaparecimento (CONCEIÇÃO, 2000, pp. 61-62 apud Freeman, 1975, p.256)

Com a maior disseminação do conhecimento técnico-científico-produtivo, há uma redução da assimetria de informações e atua como um acelerador do processo de inovação e seu efeito no desenvolvimento econômico. Ocorre, pois, o acesso as informações sobre as características técnicas-produtivas e potenciais possibilidades aplicação, atuará nas expectativas dos agentes econômicos em torno das preferências buscando melhorar o bem-estar.

### EFEITO SUBSTITUIÇÃO

O efeito substituição é um fenômeno natural no ambiente econômico, guarda relação com as tomadas de decisões dos agentes, diante da alocação na obtenção e distribuição dos recursos, girando em torno das preferências e das restrições podendo ser observada em todas as fases do ciclo.

O efeito substituição gerado pelo processo de “bioinovação” tecnológica com a oferta de um “bioinsumo” pode provocar consequências econômicas simultaneamente na inversão do capital, na alocação dos recursos, na redução da curva de custos, equacionar questões ambientais e no bem-estar social em diversas perspectivas.

Segundo Vasconcelos (2011, p. 84), a inserção de uma nova oferta de insumo ou produto, sendo homogêneos, a alteração de preço de um bem afetaria a demanda do próprio bem como a do bem concorrente.

O processo de inovação biotecnológica guarda relação direta com o efeito substituição, atuando na perspectiva de otimização, redução de custos e geração novas oportunidades de desenvolvimento e equacionando problemas produtivos e alocativos, sendo uma variável determinante no modelo de desenvolvimento econômico.

Nesse sentido o processo de inovação biotecnológica pode ser observado como uma nova variável dentro do modelo de desenvolvimento econômico. Uma variável com possibilidades de potencializar o processo de inovação, alterar o modo produtivo e alocação do capital e apresentar, alternativas substitutivas, além de novas soluções ligadas diretamente ao bem-estar social.

As possibilidades de desenvolvimento de insumos e produtos poliméricos a partir de microrganismos vivos, dentro do processo de inovação biotecnológica tem grande potencial de gerar impactos consideráveis nas esferas econômica, social e ambiental, em termos alocativos e substitutivos.

Esse caso se torna ainda mais relevante, por esse mercado possuir um elevado nível de produção, consumo de recursos e impactos ambientais gerados. E ainda por possibilitar soluções inovativas para melhoria da qualidade de vida da sociedade em diversas perspectivas, principalmente pelo potencial de desenvolvimento de insumos e produtos voltados para área da saúde.

Biotecnologia é um exemplo primo de inovação radical, tendo em vista que proporciona tecnologias inteiramente novas para atividades industriais existentes e permite novas indústrias. (CANHOS & MANFIO, 2004, p. 236 apud BULL et all 2000)

O processo não ocorre dentro de uma perspectiva de totalidade de substituição perfeita de insumos e produtos, mas na ótica que podem ocorrer substituições perfeitas e parciais, e geração de novas ofertas inovadoras, ambas com benefícios nas esferas econômicas, sociais e ambientais. Com o foco potencial de gerar novas ofertas inovadoras.

Nesse sentindo as ofertas de inovações biotecnológicas para produção de biopolímeros microbianos além de atender – mesmo que ainda de forma parcial e insuficiente – a demanda para substituição dos polímeros sintéticos, gera a possibilidade de configuração de novas possibilidade gerando novas demandas.

"É de se ressaltar que um produto tão logo seja criado, nesse mesmo instante, forma um mercado para outros produtos adequado ao próprio valor. Quando o produtor finaliza a produção, fica ansioso para vendê-la imediatamente pois quer evitar que a mesma se deprecie em suas mãos. E não ficará menos ansioso para aplicar o dinheiro que ganhará com a venda, pois o valor do dinheiro também poderá se depreciar. Mas o único modo de aplicar o dinheiro é trocá-lo por outros produtos. Assim, a mera circunstância da criação de um produto imediatamente abre um mercado para outro produto". (SAY, 1803, p. 138)

### EFEITO ALOCATIVO

Com a alternativa de um bioinsumo com características de substituição perfeita ou parcial, é reduzida a necessidade de extração, refino e síntese de insumos fósseis. Esse cenário levaria a uma redução da demanda atual, e a nova demanda canalizaria os recursos a nova estrutura de oferta, ocorrendo assim uma inversão do capital, provocando a realocação dos recursos produtivos como um todo.

Os fatores que envolvem a oferta de bioinsumos para: substituição de insumos fósseis ofertas em produção; e composição de novas possibilidades de ofertas pode ser compreendida na concepção de inovação biotecnológica.

O fenômeno da inovação guarda relação com a necessidade de equacionar os recursos escassos, atendendo as necessidades atuais e futuras, bem como melhorar o bem-estar social através do aperfeiçoamento das ofertas atuais e geração de ofertas inovadoras.

Se trata de um processo que envolve questões macroeconômicas, microeconômicas, e que sua viabilização ocorre quando seus “nanocomponentes” conseguem atender as exigências técnicas, econômicas, sociais e ambientais, ou seja, ocorrendo no ambiente “nanoeconômico”[[7]](#footnote-9).

### CURVA DE CUSTOS

Para os “bioinsumos” e “bioprodutos” se tornarem viáveis, além dos impactos sociais e ambientais positivos, ele deve atender a questão de competitiva da sua curva de custos em uma perspectiva de custo de oportunidade[[8]](#footnote-10). Nesse sentido uma oferta apta como uma alternativa substitutiva deve atender essas características, representando monetariamente seus efeitos sobre as esferas economia, social e ambiental.

A despeito da diversidade de análise, o ponto comum em todos... [os] autores é que a inovação envolve solução de problemas, com vistas, simultaneamente, a atender à necessidades tanto de mercado como de custo. (CONCEIÇÃO, 2000, p. 65)

A curva de custos de uma “bio-oferta” promissora, ao longo do processo de pesquisa e desenvolvimento tem a tendência natural de se manter acima da oferta atual, por várias condicionantes, como requisitos técnicos que precisam ser equacionados, assimetria de informações, insuficiência de capital e recursos produtivos entre outros.

No longo prazo, durante o processo de inovação biotecnológica, ao passo que essas condicionantes são sanadas, a tendência é que haja uma convergência das curvas de custos, onde mesmo abaixo monetariamente, já apresenta viabilidade por: demonstrar sua capacidade de igualar, com a tendência de se manter abaixo; e pela capacidade de reduzir custos operacionais e relacionados aos fatores ambientais.

### CUSTO DE OPORTUNIDADE, EFEITO TRANSBORDAMENTO, EXTERNALIDADES E BEM-ESTAR SOCIAL

A “bio-oferta” também tem potencial de gerar efeitos no bem-estar social, em diversas perspectivas: como a manutenção e ampliação do atendimento das demandas atuais; geração de insumos e produtos menos nocivos no contato com o ser humano e meio ambiente; possibilidade de gerar novas ofertas – principalmente as que trariam benefícios diretos a saúde e ao organismo humano, como biomedicamentos, biosensores e alimentos funcionais.

Na perspectiva de custo de oportunidade, o ponto da curva de custos que viabilizaria uma bioferta em termos monetários poderia ser equacionada com a inserção de uma taxa de externalidade na oferta atual. A taxa de externalidade englobaria custos explícitos envolvendo o processo produtivo e gestão das questões ambientais, bem como custos implícitos envolvendo questões ambientais.

A presença de efeitos de transbordamento dos gastos de pesquisa – externalidades positivas da pesquisa sobre a atividade de outros agentes privados – e os gastos públicos em pesquisa (efeito crowding out) motivam empresas na construção de diferentes formas de garantias de direitos de propriedade sobre a pesquisa. (POZ, et al., 2004, pp. 346-347)

## PREFERÊNCIA DO CONSUMIDOR

Esse efeito substituição guarda relação com a preferência do consumidor, que passa a demandar aditivos de origem natural e biodegradáveis. A características que estimulam esta demanda se relacionam com os benefícios a saúde e ao meio ambiente, mas também com as características de sua produção, tonando-se, diante a demanda, atrativas aos ofertantes.

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conjuntura econômica atual, no que tange as vertentes técnicas, financeira, social e ambiental, demanda de forma mais incisiva uma alocação ótima dos recursos, visando um desenvolvimento sustentável ao longo prazo. Essa máxima implica em esforços para aumentar a produtividade, reduzir a necessidade de utilização de insumos naturais não renováveis e atenuar o impacto ambiental da ocupação e produção.

O processo de inovação tecnologia se demonstrou fundamental para solucionar problemas referentes ao desenvolvimento sustentável, possibilitando a otimização de processos, elevação de produtividade, redução de fatores de produção, proporcionando a manutenção e aumento do bem-estar econômico e social. Esse processo desencadeia de forma dinâmica séria de modificações pragmáticas econômicas, técnicas e sociais.

O avanço das ciências naturais e genéticas, proporcionou um largo avanço ao processo de inovações tecnológicas utilizando recursos biológico, consolidando um novo paradigma, que gira em torno das inovações biotecnológicas. A perspectiva biológica desponta com expectativa de potencializar o efeito das inovações tecnológicas no processo de desenvolvimento econômico.

Os processos de inovações tecnológicas e biotecnológicas ocorrem em uma perspectiva transacional de maturação e validação, superando as barreiras técnicas, econômicas, sociais e ambientais que envolvem o modo operante que vigora. Nesse sentido devem atender a um conjunto de requisitos circunstanciais para que possa ser consolidado e disseminado.

O desenvolvimento de polímeros sintéticos consolidou uma vasta gama de insumos e produtos, e com a crescente produção ao longo das décadas, gerou uma grande dependência de recursos naturais não renováveis e problemas ambientais devido aos descartes. A produção de polímeros a partir de origens fósseis representa um recorte dos inúmeros desafios econômicos em torno da alocação dos recursos voltada ao desenvolvimento econômico sustentável.

No contexto em que os polímeros sintéticos apresentam problemas de dependência de recursos não-renováveis, sujeição as flutuações de preços e elevado nível de degradação do meio ambiente, emerge a possibilidade de produzir polímeros a partir de fontes renováveis através de sintetização por microrganismos, resultando nos biopolímeros, configurado no processo de inovação tecnológica.

Este estudo se propôs a averiguar os aspectos que envolvem a viabilização das pesquisas de inovações biotecnológicas na produção dos biopolímeros microbianos, através dos seus aspectos econômicos envolvendo questões históricas, técnicas legais, sociais e ambientais.

O ponto de partida foi verificar os aspectos históricos, técnicos e políticos-legais dos processos de inovações tecnológicas e biotecnológicas. A principal diferencia entre os processos se encontra no meio de reprodução, onde o processo de inovação tecnológica se dá através da reprodução mecânica e a inovação biotecnológica ocorre por meio da reprodução natural.

Os aspectos históricos, conceituais e políticos-legais se demonstram equiparados entre os processos. Porém os desencadeamentos dos aspectos políticos-legais das biotecnologias envolvem exigências mais rigorosas em torno da biossegurança e processos de propriedade intelectual mais difusos e complexos. Tais desencadeamentos implicam em processos burocráticos, demandando maior tempo e implicando em maiores custos e investimentos para a viabilização.

A investigação dos aspectos econômicos iniciou a partir da assimetria de informações. Foi verificado que a maioria das iniciativas de pesquisas e desenvolvimento de biopolímeros microbianos ocorrem de forma isolada, sem a integração e cooperação e participação de agentes econômicos interessados.

A assimetria de informação, se configura como uma falha de mercado e atua como redutora da eficiência do processo de inovação biotecnológica na produção de biopolímeros, principalmente no que tange sua disseminação e o efeito transbordamento. A assimetria de informação nesse processo envolve os aspectos científicos, técnicos, econômicos, sociais e ambientais.

A assimetria de informação em torno do processo de inovação biotecnológico de biopolímeros microbianos desencadeia outras falhas de mercado como os mercados incompletos e as externalidades. E nesse sentido acaba se tornando um grande entrave para o avanço dessa biotecnologia, aumentando as incertezas.

Este estudo verificou que nos últimos 2020 anos houve uma elevação substancial de artigos e pesquisas envolvendo biopolímeros, e essas pesquisas em grande maioria estão concentradas em centros universitários.

A investigação dos aspectos econômicos prosseguiu com o estudo do efeito substituição, abordando os biopolímeros bacterianos como alternativa aos insumos e produtos polímeros sintéticos. A viabilização dos biopolímeros aumentaria sua demanda, reduzindo sua curva de custos, reduziria a demanda por polímeros sintéticos, o que provocaria uma inversão de capital.

O aumento da oferta de biopolímeros se relacionaria com seus benefícios econômicos nos âmbitos sociais e ambientais, alterando as preferências do consumidor. Atuando na redução dependência de fontes não renováveis, e possuindo duplo efeito sobre as questões ambientais por ser biodegradável e absorver CO2 da atmosfera.

Porém foi verificado que o estágio atual das pesquisas e desenvolvimentos de biopolímeros, em sua maioria, não geram resultados capazes de atender as características técnicas reológicas para substituição total dos polímeros, atuando como substituto parcial.

Com essa observação, a partir e um caso particular dos biopolímeros microbianos, se evidenciou um indício para o caso geral das inovações, da existência de um ambiente “nanoeconômico” transversal. Onde a consolidação das inovações em ofertas efetivas se dá através das combinações dos seus “nanocomponentes” tangíveis e intangíveis.

Os polímeros do tipo PHB e PHBHx se demonstram com maior potencial de disseminação, servindo como substitutos parciais para um grande número de polímeros e substitutos totais para duas classes de polímeros.

Foi verificado que os custos dos processos produtivos de biopolímeros são elevados, tornando sua utilização parcial e total pouco atrativas. Porém, durante o longo prazo a tendência é que ocorra uma redução na curva de custos que pode ser potencializada com os incrementos dos avanços biotecnológicos.

Porém o estudo identificou que os aspectos relacionados aos custos poderiam ser contornados se fossem levados em consideração os custos implícitos das externalidades negativas geradas pelos polímeros sintéticos e os benefícios das externalidades positivas do biopolímeros.

A questão da falta de atendimento das características técnicas dos biopolímeros microbianos necessárias para substituição total aos polímeros em breve deverá ser contornada com a utilização de técnicas de manipulação genômicas, que também ocasionarão melhorias no nível de produtividade.

Os resultados quantitativos do processo de produção de biopolímeros por síntese bacteriana, caracterizando a reprodução natural, analogamente se assemelha com uma função de produção. A produtividade aumenta de forma exponencial de acordo que os fatores são consumidos, até chegar a um ponto de maximização. Porém no processo de reprodução natural, esse a partir do ponto de maximização se não interrompido há decréscimo até zero pois os microrganismos passar a consumir os fatores resultantes.

Dado o estágio atual da oferta de biopolímeros, em que sua maioria, não apresenta viabilidade técnica e competitiva para substituição total aos polímeros, emerge sua principal característica de servir como base para produção de produtos e soluções inovadoras para as áreas de área de medicina, farmácia, alimentos, agrícola, com potencial de aumentar o bem-estar social.

Nesse sentido a oferta de biopolímeros microbianos para substituição de polímeros sintéticos, em suas características atuais, acabam gerando novas possibilidade de desenvolvimento e consequentemente novas demandas.

Desde 2002 o mercado de biopolímeros vem crescendo na faixa de 20% ao ano, e com os avanços as pesquisas, e melhorias das características técnicas e produtivas, o mercado pode ter uma explosão de crescimento. É nesse cenário que os principais aspectos econômicos como a inversão de capital serão melhor observados.

Este estudo considera as iniciativas de inovações biotecnológicas de biopolímeros microbianos como grandes potenciais equalizadores de problemas econômicos, ambientais e sociais, com efeitos sem precedentes ao longo prazo na colaboração para o desenvolvimento sustentável e geração de bem-estar social.

Para continuação deste estudo se recomenta uma abordagem direcionada aos biopolímeros microbianos, mapeando as pesquisas, técnicas e processos produtos, com estudo aprofundado do mercado de polímeros e biopolímeros.

A biotecnologia ganhou importância econômica na segunda metade do século XX, quando passou a se apresentar como ferramenta para o desenvolvimento de soluções tecnológicas a desafios de monta no horizonte presente, a exemplo da produção de alimentos, da geração de energia ambientalmente preservadora, e do tratamento de inúmeras doenças. (NERI, 2013)

Com a evolução das pesquisas biotecnológicas, o movimento de aumento da demanda e da oferta pelos produtos gerados, e a redução das estruturas de custos, espera-se que os bioprodutos, que hoje são uma alternativa substituta inviável economicamente, sejam capazes de ser tornarem viáveis, com aumento significativo no nível de produção e, consequentemente, bem-estar, ou seja, atendendo a demanda em termos de quantidade e qualidade e ainda possibilitando a derivação de novas possibilidades de ofertas.

As possibilidades que podem ser geradas pelo processo biotecnológico, através da reprodução natural se tornam sem precedentes nos aspectos econômicos, sociais e ambientais. O processo de reprodução natural possui uma válvula propulsora que seria a utilização dos já avançados recursos da genética, onde através da reprogramação genômica nos microrganismos e nas culturas que sevem como base, são vislumbradas possibilidades de acelerar os processos, alcançar melhores resultados técnicos e ainda possibilitar a geração de novas composições

# REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. B. d., 2013. Introdução . Em: *Bioeconomia: uma agenda para o Brasil.* Brasília: CNI.

ASSAD, A. L. D. & AUCELIO, J. G., 2004. Biotecnologia no Brasil – Recentes esforços . Em: FINEP, ed. *Biotecnolgia e recursos genéticos.* Campinas: Instituto de Economia/FINEP, p. 412.

ASSIS, D. d. J., 2013. Influência da aeração e agitação nas propriedades de gomas xantana produzidas por xanthomonas campestris mangiferaeindicae 2103 com glicerina residual do biodiesel: otimização e cinética do bioprocesso.

BERWANGER, A. L. d. S., 2005. Produção e caracterização de biopolímero sintetizado por sphingomonas capsulata.

BORSCHIVER, S., Almeida, L. F. M. & Roitman, T., 2008. Monitoramento Tecnológico e Mercadológico de Biopolímeros. 18(3), pp. 256-261.

BRASIL, C. F. d. 1., 1988. s.l.:s.n.

BRITO, G. F., AGRAWAL, P., ARAÚJO, E. M. & MÉLO, T. J. A., 2011. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, Volume 6.2, pp. 127-139.

CANHOS, W. P. & MANFIO, G. P., 2004. Recusos microbiológicos para biotecnologia. Em: *Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil .* s.l.:Instituto de Economia/FINEP.

CARVALHO, P. G. M. d., 2008. *Mensurando a sustentabilidade..* s.l.:Núcelo de Meio Ambiente do IBGE e ENCE.

CNI / HAVARD BUSINESS, 2013. *Bioeconomia: uma agenda para o Brasil..* Brasília: CNI.

CONCEIÇÃO, O. A., 2000. A centralidade do conceito de inovação tecnológica no proceso de mudança estrutural.. *Ensaios FEE,* 21(2), pp. 58-76.

DONINI, Í. A. et al., 2010. Biossíntese e recentes avanços na produção de celulose bacteriana.. *Eclética Química,* 35(4), pp. 165-178.

ENRIQUEZ, J., 2013. A economia emergente. Em: *Bioeconomia: uma agenda para o brasil .* Brasília: s.n.

ERNANDES, F. P. G. & CRUZ, C. H. G., 2009. Análise dos parâmetros cinéticos para produção de levana por Zymomonas mobilis utilizando fermentação submersa.. *DOI,* 31(1), p. 35041.

FREEMAN, C. & SOETE, L., 2008. *A economia da inovação industrial..* Campinas(SP): Editora da Unicamp.

GIAMBIAGI, F., 2016. *Finanças públicas: teoria e prática no Brasil.* 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier.

HIRATA, M. H. & FILHO, J. M., 2002. *Manual de Biossegurança.* Barueri: Manole.

HOBSBAWM, E. J. A., s.d. *Era das Revoluções.* s.l.:s.n.

LOPES, L. M. & VASCONCELLOS, A. S., 2015. *Manual de macroeconomia: nível básico e intermediário..* 3 ed. São Paulo: Atlas.

MANKIW, N. G., 2015. *Introdução a Economia.* 3. ed ed. São Paulo: Cenagage Learning.

MARTINS, R. G., 2014. Síntese, extração e caracterização de biopolímeros de origem microalgal para desenvolvimento de nanofibras. *UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE*.

MORAES, C. C. d. & JUNIOR, J. A. G., s.d. *Inovações tecnológicas no sistema de embalagens da indústria de alimentos.* s.l., s.n.

MOREIRA, N. Â., 2002. *M.S., Universidade Federal de Pelotas, março de 2002. Estudo da viabilidade de produção do biopolímero da bactéria Beijerinckia sp. 7070 via enzimática. Professora Orientadora: Claire Tondo Vendruscolo. Co- orientador: Francisco Augusto Burkert Del Pino..* s.l.:s.n.

NERI, M. C., 2013. Apresentação. Em: IPEA, ed. *Propriedade intelectual e aspectos regulatórios em biotecnologia. .* Rio de Janeiro : IPEA, p. 240.

NERY, T. B. R., BRANDÃO , L. V., ESPERIDIÃO, M. C. A. & DRUZIAN, J. I., 2008. Biossíntese de goma xantana a partir da fermentação de soro de leite: rendimento e viscosidade.. *Quim. Nova,* 31(8), pp. 1937-1941.

NOBRE, F. S. M. & ARAÚJO, 2009. *Mercosul e sustentabilidade: estudo exploratório..* s.l.:Integração.

Nogueira, P. M., Oliveira, O. B. d. M. F. F. d. & A. S. Machado, E. D. V. F. M. T. J. S. J. C. D. H. G., s.d. DESENVOLVIMENTO DE ROTA PARA PRODUÇÃO DE BIOPOLÍMEROS A PARTIR DE AÇÚCARES.

ODA, L. M. & SOARES, B. E., 2001. Biotecnologia no Brasil. Aceitabilidade pública e desenvolvimento econômico. *PARCERIAS ESTRATÉGICAS,* Issue 10, pp. 162-173.

OLIVEIRA, S. A. d., 2013. Dextrana: revisão sobre uso e possíveis aplicações industriais.

POZ, M. E. D., SILVEIRA, J. M. F. d. & FONSECA, M. d. G. D., 2004. Direitos de Propriedade Intelectual em Biotecnologia: um processo em construção. Em: *Biotecnolgia e recursos genéticos: desafios e oportunidade para o Brasil.* Campinas: Instituto de Economia/FINEP .

RODRIGUEZ, P. F. & PAIS, A. A. V., 2002. *Desenvolvimento Sustentável: A Problemática do Desenvolvimento Sustentável e a Cimeira de Joanesburgo de 2002.* s.l.:s.n.

SANDRONI, P., 2008. *Dicionário de Economia do Século XXI.* 4 ed. Rio de Janeiro: Record.

SANTOS, S. C. d., 2014. Produção de biopolímero por enterobacter sp. em condições associadas à utilização de resíduos gerados pela indústria petroquímica.

SILVEIRA, J. M. F. d., POZ, M. E. D. & ASSAD, A. D., 2004. *Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil.* Campinas: Instituto de Economia/INEP.

SILVEIRA, J. M. F. J. & BORGES, I. d. C., 2004. Capítulo 1: Um panorama da Biotecnologia Moderna. Em: *Biotecnologia e recursos genéticos: desafios e oportunidades para o Brasil.* Campinas: Instituto de Economia/FINEP, p. 412.

SPINK, P. K., 2009. Micro cadeias produtivas e a nanoeconomia: repensando o trabalho decente.. *Cadernos de Psicologia Social do Trabalho,* 12(2), pp. 227-241.

TORRES, J. d. S., 2016. *Sistema tributário brasileiro: os efeitos da tributação no crescimento e desenvolvimento econômico – 1995 a 2015 ,* s.l.: UFRR.

TROVATTI, E., SANTOS, A. M. d. & AMARAL, A. C., 2016. Biopolímeros: aplicações farmacêutica e biomédica. *Eclética Química Journal,* Volume 41, pp. 1-31.

VASCONCELLOS, M. A. S. d., 2011. *Manal de Microeconomia.* 3 ed. São Paulo: Atlas.

ZUCOLOTO, G. F. & FREITAS, R. E., 2013. *Propriedade intelectual e aspectos regulatórios em biotecnologia..* Rio de Janeiro: IPEA.

1. Nesta sessão as abordagens amplas sobre inovação tecnológica absorvidas nas referências serão mencionadas como inovação. O mesmo se aplica a referências ao termo inovação tecnológica quando aludida ao acúmulo de conhecimento técnico será tratada como tecnologia. [↑](#footnote-ref-2)
2. Para um aprofundamento acerca deste tema consultar: (ZUCOLOTO & FREITAS, 2013) [↑](#footnote-ref-3)
3. Para um maior entendimento sobre este tema consultar: (ZUCOLOTO & FREITAS, 2013) ; (HIRATA & FILHO, 2002) [↑](#footnote-ref-4)
4. Esses “nanocomponentes” podem ser avaliados individualmente tendo como exemplos: a) Empresas – equipamentos; insumos; materiais diretos e indiretos, mão-de-obra; direta e indireta; processos e procedimentos; atividades laborais; tributos; inovação; empreendedorismo; gestão. b) Pessoas: Fazem parte das preferências do consumidor e envolvem a seleção as atividades remuneradas e a geradoras de bem-estar, as alocações de seus recursos entre as cestas de bens e serviços, dadas as restrições orçamentárias; função e capacidade laboral. Podem ser agrupados e avaliados através dos blocos que formam: mercados; produtos; unidades; departamentos; divisões; setores. [↑](#footnote-ref-5)
5. A busca foi realizada utilizando os seguintes critérios textuais: (polyhydroxyalkanoat or pha) or (polyhydroxybutyrat or phb) or (polyhydroxyvalerat or phv) or (polyhydroxybutyrate-co-polyhydroxyhexanoato\* or phbhx) and (plastic\*) not (non-plastic) and C. [↑](#footnote-ref-7)
6. World Commission on Environment and Development [↑](#footnote-ref-8)
7. A microeconomia se configura nas iniciativas exercidas por agentes econômicos individuais: grupos conglomerados e entidades econômicas, grandes empresas, pequenas empresas, médias empresas, microempresas, microempreendores individuais; trabalhadores formais e trabalhadores informais. As interações entre os agentes econômicos formam os mercados. Na microeconomia os componentes menores já são consolidados e definidos, sendo os agentes econômicos, que formam os mercados.

   A apresentação desta nova ótica de conceito, merece um ensaio mais elaborado e se torna necessário pela disseminação distorcida que vem sido utilizada em termos etimológico-econômico-naturais como é abordado por Spink (2009, p. 231) [↑](#footnote-ref-9)
8. O custo de oportunidade é uma variável econômica que implica o quanto um agente econômico estaria disposto a obter perdas em detrimento suas outras escolhas de alocação. [↑](#footnote-ref-10)