

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

**ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS**

**KAREN EDELMAN WAJNSZTOK**

**MARIANA SANTOS QUEIROZ**

**MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DE EMBALAGENS  
BIODEGRADÁVEIS CONTENDO POLILACTATO OU AMIDO  
APLICADAS NO SETOR DE ALIMENTOS**

**Rio de Janeiro**

**2022**

**KAREN EDELMAN WAJNSZTOK**

**MARIANA SANTOS QUEIROZ**

**MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DE EMBALAGENS  
BIODEGRADÁVEIS CONTENDO POLILACTATO OU AMIDO  
APLICADAS NO SETOR DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos.

Orientadoras: Profa. Maria Antonieta Peixoto  
Gimenes Couto  
Profa. Suzana Borschiver

**Rio de Janeiro**

**2022**

**KAREN EDELMAN WAJNSZTOK  
MARIANA SANTOS QUEIROZ**

**MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DE EMBALAGENS  
BIODEGRADÁVEIS CONTENDO POLILACTATO OU AMIDO  
APLICADAS NO SETOR DE ALIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos.

Orientadoras: Profa. Maria Antonieta Peixoto  
Gimenes Couto  
Profa. Suzana Borschiver

**BANCA EXAMINADORA**

---

Ricardo Schmitz Ongarato, *DSc*

---

Leila Lea Yuan Visconte, *DSc*

Rio de Janeiro, 18 de março de 2022.

EE22m

Edelman Wajnsztok; Santos Queiroz, Karen; Mariana  
Mapeamento tecnológico de embalagens  
biodegradáveis contendo polilactato ou amido  
aplicadas no setor de alimentos / Karen; Mariana  
Edelman Wajnsztok; Santos Queiroz. -- Rio de  
Janeiro, 2022.  
160 f.

Orientadora: Maria Antonieta Peixoto Gimenes  
Couto .

Coorientadora: Suzana Borschiver.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -  
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de  
Química, Bacharel em Engenharia de Bioprocessos,  
2022.

1. Mapeamento tecnológico. 2. Polilactato. 3.  
Amido. 4. Embalagem. 5. Alimentos. I. Peixoto  
Gimenes Couto , Maria Antonieta , orient. II.  
Borschiver, Suzana, coorient. III. Título.

## RESUMO

Há cerca de 100 anos, o plástico de origem não renovável começou a ser produzido industrialmente e o impacto causado desde então é perceptível e irreversível. O agravamento do aquecimento global e a poluição dos oceanos, que prejudica a vida marinha, são consequências deste consumismo exacerbado de materiais plásticos e vêm mobilizando diferentes segmentos da sociedade em prol de uma solução. Atores como a reciclagem ajudam a diminuir o impacto da geração de resíduos, todavia não eliminam o problema. Com isso, a substituição do plástico convencional por biopolímeros biodegradáveis é uma ação que vem ganhando atenção nos últimos anos em diversos setores. O Setor de Alimentos, por exemplo, contribuindo para a geração de resíduos devido às embalagens, é um ator importante para a transição ao cenário de uso das embalagens biodegradáveis. Dessa forma, o presente trabalho buscou elaborar o mapeamento das tecnologias relacionadas à produção de embalagens biodegradáveis contendo polilactato (PLA) ou amido no Setor de Alimentos. Diante disso, este trabalho tem por objetivo entender em qual etapa se encontram o desenvolvimento de pesquisas e a deposição de patentes sobre as embalagens biodegradáveis de alimentos contendo PLA ou amido utilizando como técnica a bibliometria e com base nas análises Macro, Meso e Micro de artigos científicos, patentes concedidas e patentes depositadas. A partir da interpretação dos resultados, se verifica que a China é o país líder titular dos estudos relacionados à tecnologia e que, enquanto os artigos científicos focam nas propriedades das embalagens biodegradáveis, as patentes focam no desenvolvimento de embalagens em si ou na *performance* das mesmas. Além disso, a maioria das embalagens estudadas eram filmes biodegradáveis, o que indica pouca variedade no formato e utilidade das embalagens biodegradáveis.

**Palavras-chave:** Mapeamento tecnológico; Polilactato; Amido; Embalagem; Alimentos.

## **ABSTRACT**

*About 100 years ago, plastic of non-renewable origin began to be produced industrially and the impact caused since then is noticeable and irreversible. The worsening of global warming and ocean pollution, which harms marine life, are consequences of this exacerbated consumerism of plastic materials and have been mobilizing different segments of society in favor of a solution. Acts such as recycling help to reduce the impact of waste generation, but do not eliminate the problem. Thus, the replacement of conventional plastic by biodegradable biopolymers is an action that has been gaining attention in recent years in several sectors. The Food Sector, for example, contributing to the generation of waste due to packaging is an important actor in the transition to the scenario of using biodegradable packaging. Thus, the present work sought to map the technologies related to the production of biodegradable packaging containing polylactide (PLA) or starch in the Food Sector. Therefore, this work aims to understand at which stage is the development of research and the deposition of patents on biodegradable food packaging containing PLA or starch using bibliometry as a technique and based on Macro, Meso and Micro analyzes of articles scientific data, granted patents and deposited patents. From the interpretation of the results, China is the leading country in charge of studies related to the technology and that, while scientific articles focus on the properties of biodegradable packaging, patents focus on the development of packaging itself or on their performance. In addition, most of the packages studied were biodegradable films, which indicates little variety in the format and utility of biodegradable packages.*

**Key-words:** *Technological mapping; Polylactide; Starch; Food; Packaging.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura de amilose (a) e amilopectina (b) componentes do amido. ....	33
Figura 2: Molécula de quitina. ....	33
Figura 3: a) Molécula de ácido láctico, monômero do PLA. b) Estrutura do Poliacido láctico. ....	35
Figura 4: Molécula de PHA.....	36
Figura 5: Capacidade global de produção de bioplásticos ao longo dos anos (2019 a 2025 - previsão).....	38
Figura 6: Capacidade de produção de bioplásticos em 2020 por setor de aplicação. ....	39
Figura 7: Filtros de busca possíveis com <i>Patent Inspiration</i> ®.....	45
Figura 8: Busca feita para patentes concedidas nos últimos 10 anos considerando “ <i>starch and food and packaging</i> ”. ....	45
Figura 9: Busca feita para patentes concedidas nos últimos 10 anos considerando “ <i>PLA and food and packaging</i> ” .....	46
Figura 10: Busca feita para patentes ainda não concedidas publicadas nos últimos 10 anos considerando “ <i>starch and food and packaging</i> ”. ....	47
Figura 11: Busca feita para patentes ainda não concedidas publicadas nos últimos 10 anos considerando “ <i>PLA and food and packaging</i> ”. ....	47
Figura 12: Série histórica de artigos publicados nos últimos dez anos para “ <i>PLA food packaging</i> ” .....	56
Figura 13: Países das organizações responsáveis pela publicação dos artigos selecionados para “ <i>PLA food packaging</i> ”. ....	57
Figura 14: Tipos de instituições dos artigos publicados selecionados para “ <i>PLA food packaging</i> ” .....	58
Figura 15: Distribuição dos artigos científicos sobre embalagens contendo PLA em taxonomias Meso (quantidade nominal e porcentagem). ....	68
Figura 16: Distribuição dos 5 artigos <i>review</i> sobre embalagens contendo PLA em taxonomias Meso (quantidade nominal). ....	70
Figura 17: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo PLA selecionados com a taxonomia Meso “ <i>Desenvolvimento de embalagem</i> ”. ....	71

Figura 18: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo PLA selecionados com a taxonomia Meso “Propriedades” . . . . .	72
Figura 19: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo PLA selecionados com a taxonomia Meso “Performance” . . . . .	73
Figura 20: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo PLA selecionados com a taxonomia Meso “Composição” . . . . .	75
Figura 21: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo PLA selecionados com a taxonomia Meso “Forma” . . . . .	76
Figura 22: Série histórica de patentes concedidas nos últimos dez anos para “PLA <i>food packaging</i> ” . . . . .	77
Figura 23: Países dos titulares das patentes concedidas selecionadas para “PLA <i>food packaging</i> ” . . . . .	78
Figura 24: Tipos de titulares das patentes concedidas selecionadas para “PLA <i>food packaging</i> ” . . . . .	79
Figura 25: Distribuição das 27 patentes concedidas sobre embalagens contendo PLA em taxonomias Meso (quantidade nominal e porcentagem). . . . .	82
Figura 26: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso “Desenvolvimento de embalagem” . . . . .	84
Figura 27: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso “Propriedades. . . . .	85
Figura 28: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso “Performance” . . . . .	86
Figura 29: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso “Composição” . . . . .	87
Figura 30: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso “Forma” . . . . .	88
Figura 31: Série histórica de patentes apenas publicadas nos últimos dez anos para “PLA <i>food packaging</i> ” . . . . .	89
Figura 32: Países dos titulares das patentes depositadas e públicas selecionadas para “PLA <i>food packaging</i> ” . . . . .	90
Figura 33: Tipos de titulares das patentes depositadas e públicas selecionadas para “PLA <i>food packaging</i> ” . . . . .	91



Figura 34: Distribuição das 30 patentes depositadas sobre embalagens contendo PLA em taxonomias Meso (quantidade nominal e porcentagem).....	94
Figura 35: Distribuição de patentes depositadas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso “Desenvolvimento de embalagem”. .....	96
Figura 36: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso “Propriedades”. .....	97
Figura 37: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso “ <i>Performance</i> ”. .....	98
Figura 38: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso “Composição”.....	99
Figura 39: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso “Forma”. .....	100
Figura 40: Série histórica de artigos publicados nos últimos dez anos para “ <i>starch food packaging</i> ” .....	101
Figura 41: Países das organizações responsáveis pela publicação dos artigos selecionados para “ <i>starch food packaging</i> ”. .....	102
Figura 42: Tipos de instituições dos artigos selecionados para “ <i>starch food packaging</i> ”. .....	103
Figura 43: Distribuição dos artigos científicos sobre embalagens contendo amido em taxonomias Meso (quantidade nominal e porcentagem). .....	112
Figura 44: Distribuição dos artigos <i>review</i> sobre embalagens contendo amido em taxonomias Meso (quantidade nominal). .....	114
Figura 45: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo amido selecionados com a taxonomia Meso “Desenvolvimento de embalagem”. .....	116
Figura 46: Distribuição dos artigos selecionados com a taxonomia Meso “Propriedades”. .....	117
Figura 47: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo amido selecionados com a taxonomia Meso “ <i>Performance</i> ”.....	118
Figura 48: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo amido selecionados com a taxonomia Meso “Composição”.....	119
Figura 49: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo amido selecionados com a taxonomia Meso “Forma”. .....	121

Figura 50: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo amido selecionados com a taxonomia Meso “Origem” .....	122
Figura 51: Série histórica de patentes concedidas nos últimos dez anos para “ <i>starch food packaging</i> ” .....	123
Figura 52: Países dos titulares das patentes concedidas selecionadas para “ <i>starch food packaging</i> ” .....	124
Figura 53: Tipos de titulares das patentes concedidas selecionadas para “ <i>starch food packaging</i> ” .....	125
Figura 54: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido em taxonomias Meso (quantidade nominal e porcentagem). .....	128
Figura 55: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Desenvolvimento de embalagem”. .....	130
Figura 56: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Propriedades”. .....	132
Figura 57: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “ <i>Performance</i> ” .....	133
Figura 58: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Composição” .....	135
Figura 59: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Forma”. .....	136
Figura 60: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Origem”. .....	137
Figura 61: Série histórica de patentes apenas publicadas nos últimos dez anos para “ <i>starch food packaging</i> ”. .....	138
Figura 62: Países dos titulares das patentes depositadas selecionadas para “ <i>starch food packaging</i> ” .....	139
Figura 63: Instituições dos titulares das patentes depositadas selecionadas para “ <i>starch food packaging</i> ”. .....	140
Figura 64: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido em taxonomias Meso (quantidade nominal e porcentagem). .....	144
Figura 65: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Desenvolvimento de embalagem”. .....	146

Figura 66: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Propriedades” . . . . .	147
Figura 67: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “ <i>Performance</i> ” . . . . .	148
Figura 68: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Composição” . . . . .	149
Figura 69: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Forma” . . . . .	150
Figura 70: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Origem” . . . . .	151

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Artigos sobre embalagens contendo PLA publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.....	59
Tabela 2: Artigos publicados para "PLA <i>food packaging</i> " por empresas em conjunto a Universidades. ....	67
Tabela 3: Empresas titulares de patentes concedidas com o assunto "PLA <i>food packaging</i> ". ....	80
Tabela 4: Universidades ou Centros de Pesquisa titulares das patentes concedidas com o assunto "PLA <i>food packaging</i> ". ....	81
Tabela 5: Empresas titulares de patentes depositadas com o assunto "PLA <i>food packaging</i> ". ....	92
Tabela 6: Universidades ou Centros de Pesquisa titulares das patentes depositadas com o assunto "PLA <i>food packaging</i> ". ....	93
Tabela 7: Artigos sobre embalagens contendo amido publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.....	105
Tabela 8: Artigos publicados para " <i>starch food packaging</i> " por empresas em conjunto com Universidades. ....	111
Tabela 9: Universidades ou Centros de Pesquisa titulares das patentes concedidas com o assunto " <i>starch food packaging</i> ". ....	126
Tabela 10: Empresas titulares de patentes concedidas com o assunto " <i>starch food packaging</i> " por empresas. ....	127
Tabela 11: Universidades ou Centros de Pesquisa titulares das patentes depositadas com o assunto " <i>starch food packaging</i> ". ....	141
Tabela 12: Empresas titulares das patentes depositadas com o assunto " <i>starch food packaging</i> ". ....	142

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características básicas de uma embalagem de alimento.....	26
Quadro 2: Taxonomias para análise Meso.....	51
Quadro 3: Subdivisão das taxonomias da análise Meso para análise Micro dos artigos e patentes.....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS

Bio-PE	Biopolietileno
Bio-PET	Biotereftalato de etileno
Bio-PP	Biopolipropileno
C <sub>6</sub> NO <sub>5</sub> H <sub>13</sub>	Quitina
CO <sub>2</sub>	Gás Carbônico
EPO	<i>European Patent Office</i>
PA	Polímeros de amido
PBAT	Poli(butileno adipato co-tereftalato)
PBS	Polibutileno succinato
PCL	Policaprolactona
PE	Polietileno
PET	Polietileno tereftalato
PHA	Polihidroxiacanoato
PHB	Polihidroxi butirato
PLA	Polilactato
PP	Polipropileno
PTT	Politereftalato de trimetileno
UV	Ultravioleta
WIPO	<i>World Intellectual Property Organization</i>

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>18</b>
1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA	18
1.2 JUSTIFICATIVA	21
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>22</b>
2.1 OBJETIVO GERAL	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>23</b>
3.1 DEFINIÇÕES: EMBALAGENS PARA ALIMENTOS E EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS	23
3.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA EMBALAGENS DE ALIMENTO	25
3.3 HISTÓRICO DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS PARA ALIMENTOS	28
3.4 CLASSIFICAÇÃO DOS BIOPOLÍMEROS UTILIZADOS EM EMBALAGENS DE ALIMENTO	30
3.5 BIOPOLÍMEROS UTILIZADOS EM EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS PARA ALIMENTOS	31
<b>3.5.1 Amido</b>	<b>32</b>
<b>3.5.2 Quitina</b>	<b>33</b>
<b>3.5.3 Poliacido láctico (PLA)</b>	<b>34</b>
<b>3.5.4 Polihidroxialcanoato (PHA)</b>	<b>35</b>
3.6 PROCESSOS E MECANISMOS DE PRODUÇÃO DAS EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS	36
3.7 MERCADO PARA EMBALAGENS DE ALIMENTOS BIODEGRADÁVEIS	37
<b>4 METODOLOGIAS DO MAPEAMENTO TECNOLÓGICO</b>	<b>41</b>
4.1 ESTRATÉGIAS DE BUSCA DE ARTIGOS E PATENTES (CONCEDIDAS E DEPOSITADAS)	41
<b>4.1.1 Prospecção Inicial para os biopolímeros</b>	<b>41</b>
<b>4.1.2. Seleção dos Artigos (PLA e amido)</b>	<b>42</b>
<b>4.1.3. Seleção das Patentes (concedidas e depositadas)</b>	<b>43</b>

4.2 METODOLOGIAS PARA ANÁLISE	48
<b>4.2.1 Metodologia para análise Macro</b>	48
<b>4.2.2 Metodologia para análise Meso</b>	50
<b>4.2.3 Metodologia para análise Micro</b>	52
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>56</b>
5.1 MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DE EMBALAGENS CONTENDO POLIÁCIDO LÁCTICO (PLA)	56
<b>5.1.1 Análise de Artigos</b>	56
5.1.1.1 Análise Macro	56
5.1.1.2 Análise Meso	67
5.1.1.3 Análise Micro	71
<b>5.1.2 Análise de Patentes Concedidas</b>	76
5.1.2.1 Análise Macro	76
5.1.2.2 Análise Meso	82
5.1.2.3 Análise Micro	83
<b>5.1.3 Análise de Patentes Solicitadas</b>	88
5.1.3.1 Análise Macro	88
5.1.3.2 Análise Meso	94
5.1.3.3 Análise Micro	95
5.2 MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DE EMBALAGENS CONTENDO AMIDO	100
<b>5.2.1 Análise de Artigos</b>	100
5.2.1.1 Análise Macro	100
5.2.1.2 Análise Meso	111
5.2.1.3 Análise Micro	115
<b>5.2.2 Análise de Patentes Concedidas</b>	122
5.2.2.1 Análise Macro	122
5.2.2.2 Análise Meso	128
5.2.2.3 Análise Micro	130
<b>5.2.3 Análise de Patentes Depositadas</b>	138
5.2.3.1 Análise Macro	138
5.2.3.2 Análise Meso	144
5.2.3.3 Análise Micro	145



<b>6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>153</b>
6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	153
6.2 CONCLUSÕES	154
6.3 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	156
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>157</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Uma embalagem é desenvolvida para proteger, conservar, auxiliar na distribuição e na venda de um determinado produto de acordo com a origem desse (TAKO; MATHEUS; FAI, 2021). Com base nisso, a embalagem de um alimento deve levar em consideração os aspectos físicos, químicos e biológicos do produto alimentício, pensando no tempo de prateleira desse, nos mecanismos de degradação e tantos outros fatores que já indicam o quão sensível pode ser o produto a ser embalado. Sendo assim, hoje em dia, já existem tipos de embalagem mais comuns, sempre presentes nas prateleiras dos mercados e facilmente reconhecidas pelos consumidores. Materiais clássicos, que vêm sendo utilizados pela sociedade, assim, já são considerados seguros pelo consumidor.

Embalagens de vidro, alumínio, plástico e papel cartonado são itens bastante utilizados no Setor Alimentício. Todos esses já são destinados em suas aplicações convencionais e, sendo o plástico, originalmente de origem não renovável, o destaque com variadas aplicações, desde a sua participação em embalagens de múltiplas camadas, até a embalagem de frutas ou ainda na estruturação de uma garrafa de refrigerante. Todavia, mesmo com tal diferenciação, assim como o vidro, o alumínio e o papel cartonado, dois destinos são possíveis após o uso destas embalagens: um descarte comum - que acabaria direcionando o material para os aterros sanitários - ou a reciclagem.

No primeiro cenário, o impacto ambiental é nítido: a geração de resíduos com o descarte das embalagens de alimentos, logo após uso único, faz com que essas sejam acumuladas anos e anos em aterros sanitários por serem de decomposição longa. O segundo cenário já representa uma alternativa mais sustentável: os materiais podem ser utilizados para o desenvolvimento de outros itens, voltando à rede de

consumo em outras formas, e, assim, cumprindo com os princípios da Economia Circular e evitando o acúmulo de resíduos.

De fato, a reciclagem é uma alternativa sustentável e não só aplicável, mas também parte do desenvolvimento de diversas cidades pelo mundo. Todavia, uma alternativa que vem sendo estudada e merece destaque é o uso de embalagens biodegradáveis. Essa é, conforme a norma NBR 15448-1 (ABNT, 2008), capaz de ser degradada em no máximo seis meses, resultando em CO<sub>2</sub> e matéria orgânica, de acordo com as condições ambientais de degradação e da presença de microrganismos.

A aplicação de embalagens biodegradáveis já é real, inclusive no Setor Alimentício, não só por questões de descarte, mas também pelo crescimento do número de consumidores exigentes em questões ambientais relacionados a seus itens de consumo (KOZIK, 2020). Todavia, mesmo com tal tendência, o conhecimento sobre o que é uma embalagem biodegradável ou a sua diferença comparando-se com os outros tipos de embalagem são assuntos ainda não muito bem definidos entre as pessoas (TAUFIK *et al.*, 2020). Mesmo assim, a busca por materiais de menor impacto ambiental ainda se mantém em vigor.

Com base em tal mudança de cenário, é válido apontar a necessidade de analisar e compreender as tendências tecnológicas do ramo de embalagens biodegradáveis aplicadas para o Setor Alimentício. Os Estudos de Prospecção Tecnológica são cabíveis para esta função, uma vez que as análises feitas buscam prever as tendências da tecnologia em foco, assim como seu desempenho futuro em nível socioeconômico, cultural, político e tecnológico (CASTRO *et al.*, 1999, apud BORSCHIVER; SILVA, 2016). Dessa forma, é possível explorar em esfera de âmbito mundial ou corporativo cenários futuros da tecnologia, sejam aqueles que podem ocorrer ou que se deseja que ocorra, por exemplo, mas que apontem o perfil da mesma assim como possíveis parcerias e ações vantajosas para o desenvolvimento tecnológico.

A prospecção ou mapeamento da tecnologia podem ser feitos utilizando diferentes técnicas, escolhidas com base nos recursos financeiros disponíveis para a pesquisa, no tipo de tecnologia e até no tempo de elaboração. Na literatura são encontrados métodos como a entrevista com especialistas, análise de cenários, análise SWOT e outros (BORSCHIVER; SILVA, 2016), cada um com suas particularidades, vantagens e desvantagens de aplicação cabendo ao autor a definição do melhor método para o mapeamento a ser feito. No presente trabalho final foi escolhida a técnica quantitativa e qualitativa de análise de artigos científicos e patentes nomeada como bibliometria.

Com esta técnica, é possível analisar as publicações de artigos, considerados como um dos meios mais comuns para a divulgação formal e oficial de estudos científicos (PIZZANI *et al.*, 2008). Dessa forma, analisar as publicações em tal meio contribui para a avaliação do que vem sendo discutido, contribuindo para novas ideias de estudo e mapeamento do que já é existente. A bibliometria permite também a análise de patentes que, por sua vez, se faz necessária por ser uma fonte técnica mais completa da tecnologia e também por indicar uma tendência de mercado (ALENCAR *et al.*, 2007). Para tal análise, se utiliza patentes concedidas e patentes publicadas, sendo o primeiro grupo representante de uma análise a curto prazo, uma vez que patentes deferidas e com titularidades concedidas são consideradas. Já para o segundo grupo, representantes de uma análise a média prazo, as patentes publicadas também foram deferidas, mas ainda não foram concedidas, ou seja, não estão disponíveis para uso comercial.

A vista disso, o presente trabalho final buscou realizar o mapeamento tecnológico de embalagens biodegradáveis contendo polilactato (PLA) ou amido a fim de estabelecer ideias prospectivas de como este mercado se desenvolverá daqui a alguns anos. É importante que sejam feitos estudos mapeando as tecnologias em curso e as futuras para que o cenário de uso das embalagens biodegradáveis seja concretizado cada vez mais. Dessa forma, seria possível uma sociedade futura com

alternativas sustentáveis tão comuns como as embalagens de vidro, plástico e alumínio que são amplamente utilizadas hoje em dia.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Com o aumento das demandas da sociedade por opções sustentáveis em diversos segmentos, hoje se fazem necessários estudos voltados para as tecnologias que possam vir a responder estas exigências. Com base nisso, para o Setor Alimentício, conforme relatório publicado em 2021 pela *World Packaging Organization*, dentre as principais tendências para a área de embalagens de alimentos destaca-se os “*Eco friendly materials*” e “*Plastic free packages*” (BENZI, 2021). Em ambos os casos, o relatório da organização já aponta o interesse presente e manutenção deste para os próximos anos em relação ao desenvolvimento sustentável de embalagens.

Sendo assim, é aplicável o mapeamento da tecnologia e avaliação de seus cenários futuros para que seja possível avaliar o seu comportamento ao longo dos anos e confirmação de tendências. Além disso, por se tratar de um trabalho focado em embalagens alimentícias, é relevante a ressalva que o presente estudo se refere a embalagens primárias de alimento, ou seja, aquela que apresenta contato direto com o alimento e está diretamente ligada à sua conservação. (KUBASKI; ITO, 2017).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho busca realizar um mapeamento tecnológico das tecnologias aplicadas no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis contendo o biopolímero poliácido láctico (PLA) ou o biopolímero amido. O foco de aplicação das embalagens analisadas é o Setor Alimentício e busca-se estabelecer um cenário futuro para estas tecnologias no segmento escolhido.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para cumprir com o objetivo geral, os objetivos específicos abaixo foram listados:

- Avaliar o cenário atual de embalagens para o Setor Alimentício.
- Realizar busca de artigos publicados sobre o tema.
- Realizar busca de patentes depositadas e concedidas sobre o tema.
- Classificar e analisar os documentos selecionados, à luz das taxonomias definidas (Meso e Micro).
- Avaliar as principais áreas de estudo e o nível de desenvolvimento de tecnologias.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 DEFINIÇÕES: EMBALAGENS PARA ALIMENTOS E EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS

Antes de se definir o que é uma embalagem biodegradável, se deve entender o que de fato é considerado uma embalagem. Nesse âmbito, qualquer material que tenha por finalidade a conservação, proteção, facilitação da estocagem, transporte e manuseio de um produto, pode ser atribuído o conceito de embalagem. (TAKO; MATHEUS; FAI, 2021).

Além dessa definição, quando se trata de embalagens alimentícias, essas podem ser classificadas em três grupos: rígidas, semirrígidas e flexíveis (SBRT, 2011). O primeiro grupo se refere àquelas que possibilitam uma maior proteção física ao alimento, contra impactos mecânicos como os recipientes de vidro, metálicos, plásticos ou bioplásticos mais resistentes. Já o segundo grupo, sendo exemplificado por materiais menos espessos que o anterior, já são mais moldáveis, como bandejas de alumínio e embalagens de papelão. Por fim, o terceiro grupo corresponde àquelas que são tão maleáveis que conseguem envolver o alimento mantendo a forma desse, sendo utilizadas para aprimorar o acondicionamento do produto como filmes, papel e folhas de alumínio.

Uma vez diferenciadas de acordo com a sua estrutura, é importante também classificar as embalagens de acordo com os níveis de proximidade dessas com o próprio alimento. Nesse caso, existem as embalagens: primárias, secundárias e terciárias. As embalagens primárias de alimento são aquelas que apresentam contato direto com o alimento e estão diretamente ligadas a sua conservação. As secundárias têm por finalidade a proteção mecânica ou informar algo sobre o produto. Por último, as terciárias têm a função de facilitar o transporte da mercadoria (KUBASKI; ITO, 2017).

Além disso, atualmente vêm sendo desenvolvidas e aplicadas embalagens multifuncionais, que desempenham funções além do simples armazenamento: as embalagens chamadas ativas e as inteligentes. As embalagens ativas possuem compostos com atividade antimicrobiana e/ou antioxidante que permite o controle de situações que podem prejudicar a qualidade do produto e diminuir o seu tempo de prateleira (SANI, M. A. *et al.* 2021), ou seja, bloqueio de UV, aumento de umidade, estabilidade térmica, proteção contra microrganismos e tantos outros fatores. Para isso, é adicionado à matriz da embalagem compostos como nanopartículas, moléculas extraídas de óleos essenciais, por exemplo, que já vêm sendo aplicadas amplamente e já provaram seus benefícios em proteger alimentos (SANI, M. A. *et al.* 2021; PERUMAL, A. B. *et al.* 2021).

No caso das embalagens inteligentes, essas ganham destaque por atuarem como indicadores (na maioria das vezes visuais) para os consumidores, sobre o alimento que estão armazenando. Dessa forma, assim como para embalagens ativas, alguns compostos são acrescentados à matriz para que, por exemplo, exista uma mudança de cor com mudança de pH em determinadas situações.

Uma embalagem é considerada biodegradável quando sua decomposição ocorre de forma natural, ou seja, sua biodegradação é feita por microrganismos, no qual o produto final é biomassa, dióxido de carbono e água. (eCycle, 2014). Ainda não existe uma norma universal que define o que é uma embalagem biodegradável. A depender de qual região se encontra um determinado país, existem algumas certificações as quais podem ser seguidas, como a *European Bioplastics* (Norma EN 13432 DIN – *European Standard*, 2000), Selo do BPS (Norma *GreenPla* Japão - *Japan Bioplastics Association*, 2002), *BPI Biodegradable Product Institute* (Norma ASTM D6400 - *American Society For Testing And Materials*, 2021) e a ABNT (Normas: Terminologia NBR 15448-1 e Biodegradação NBR 15448-2 – ABNT, 2008).

De acordo com as normas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 15448-1 (ABNT, 2008), uma embalagem é considerada



biodegradável, quando a mesma é feita com no mínimo 90% carbono orgânico, o qual é convertido em CO<sub>2</sub> em um período de seis meses. Além do conceito de biodegradabilidade de um material, o mesmo pode ser caracterizado como compostável. Embora ainda exista uma confusão quanto à diferença entre os dois termos, as regras para um material ser considerado compostável são mais rigorosas e devem atender às especificações das Normas ASTM D6400 (*American Society For Testing And Materials*, 2021) para Plásticos Compostáveis ou ASTM D6868 (*American Society For Testing And Materials*, 2019) para Embalagem Compostável (TAKO; MATHEUS; FAI, 2021). Portanto, um plástico será considerado compostável quando atender a esses três critérios: ser biodegradável, após a sua desintegração ser indistinguível do composto e não apresentar nenhuma ecotoxicidade.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA EMBALAGENS DE ALIMENTO

O desenvolvimento das embalagens de alimentos deve ser guiado, antes de tudo, pelo tipo de alimento a ser acondicionado, as condições de preservação desse, o tempo de prateleira e o mercado consumidor. Todos esses pontos guiam a escolha do tipo de material a ser utilizado para a embalagem, uma vez que os diversos materiais utilizados atualmente no setor têm certas limitações de aplicação. Uma embalagem de papel cartonado, por exemplo, não seria ideal para embalar um alimento com alto teor de umidade.

Além disso, é fundamental que o próprio processo de produção das embalagens esteja conforme as boas práticas de fabricação, para que, durante a sua utilização, não exista a migração de substâncias para o alimento além do permitido. Dessa forma, garante-se que não exista alteração na composição dos alimentos ou de suas propriedades sensoriais e que seja uma embalagem segura para o consumidor. Tais requerimentos são estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) na Resolução RDC nº 91 (ANVISA, 2001).

Os dois pontos anteriores, tipo de material utilizado e modo de produção empregado para a confecção da embalagem, devem ser determinados com atenção para o desenvolvimento de uma embalagem de alimento, de modo que a mesma assuma as características básicas requisitadas pelo consumidor, pela empresa alimentícia e até mesmo pela legislação (Quadro 1). Com base nisso, é importante detalhar quais são tais características, uma vez que são tais parâmetros estratégicos utilizados para guiar o desenvolvimento de embalagens no mercado.

Quadro 1: Características básicas de uma embalagem de alimento.

<b>Característica básica</b>	<b>Descrição</b>
Acondicionamento adequado	Depende do tipo de alimento, suas propriedades químicas/físicas/biológicas. Exemplo: índice de viscosidade, nível de umidade, acidez, etc.
Proteção	Garante a manutenção da característica física do alimento como foi produzido até a casa do consumidor.
Preservação	Inibir ou prevenir alguma alteração química ou biológica no alimento, ao longo de seu tempo de prateleira.
Informação sobre o produto	Basicamente expor o conteúdo exigido por legislação dedicada a rótulos de alimentos, como ingredientes utilizados, conteúdo nutricional, etc.
Conveniência	Deve-se garantir um uso prático, fácil, adequado do produto alimentício pelo consumidor.
Aparência	Apresentação visual da embalagem adequada para o mercado consumidor (de acordo com o tipo de material, formato, tamanho, cor, etc).
Comunicação da marca	A apresentação da marca alimentícia é feita por meio da embalagem, devendo-se garantir um impacto positivo visual para o consumidor.
Promoção	Deve-se garantir a venda do produto de acordo com as suas qualificações e, quando aplicável, vantagens como: itens extras na hora da compra, destaque para novo produto no mercado, e outras.
Economia	Deve-se garantir uma distribuição, estocagem e produção economicamente eficientes para a empresa.
Responsabilidade ambiental	Deve-se evitar impactos negativos para o meio ambiente durante a produção da embalagem, uso, reuso, reciclagem e, principalmente, descarte.

Fonte: Adaptado de Coles; Mcdowell; Kirwan (2003).

Com relação ao produto alimentício, é necessário que uma embalagem consiga, além de conter o alimento, proteger a sua condição física e prevenir a contaminação química ou biológica. Para isso, a natureza química/física/biológica do alimento, seu volume e dimensões, os mecanismos de deterioração ao longo do tempo de prateleira e o conhecimento de suas propriedades sensoriais são requisitos necessários para o desenvolvimento da embalagem (COLES; MCDOWELL; KIRWAN, 2003), uma vez que tais características básicas só serão atingidas com base no alimento em si.

No caso do consumidor, além de uma embalagem segura, é preciso uma embalagem que seja conveniente para o uso (COLES; MCDOWELL; KIRWAN, 2003). Ao desenvolver a embalagem, é essencial analisar a melhor forma de acondicionar o alimento pensando em seu uso futuro, como o consumidor iria abri-la, manuseá-la, fechar após o uso, e tantas outras questões que, ao achar as respostas corretas, resultam em uma embalagem de uso fácil, prático e adequado para o mercado consumidor. Além disso, ainda pensando nas expectativas do consumidor, a apresentação visual do produto também influencia a escolha do cliente na hora da compra do alimento (COLES; MCDOWELL; KIRWAN, 2003). O tipo de material, o tamanho, a textura, as cores, ou seja, o *design* físico em si pode agradar ou não uma pessoa, sendo então a aparência da embalagem de alimentos uma característica básica para ser discutida durante o seu desenvolvimento.

A exposição de informações legais e nutricionais é outro fator básico (COLES; MCDOWELL; KIRWAN, 2003), não só devido à legislação, mas também para informação do tipo de produto e ingredientes que o consumidor está comprando. É preciso, então, analisar o desenvolvimento da embalagem pensando em tudo que ela deve expor, conter em forma de texto e figuras.

Quanto à empresa alimentícia, a embalagem precisa corresponder aos requerimentos econômicos e de promoção do alimento corretamente (COLES; MCDOWELL; KIRWAN, 2003). É essencial que o modo de produção da embalagem

seja coerente com os recursos financeiros da empresa e que, atendendo aos requisitos básicos do produto alimentício que é preservado, não haja perda de estoque ou de carga durante a distribuição feita em determinadas condições ou ainda de *recall* de lotes disponibilizados no mercado que não foram bem conservados. Além disso, a embalagem também pode influenciar a própria venda do produto, de modo que se pode dizer que o próprio alimento é vendido através da embalagem, sendo essa então responsável por promover o item e atrair o consumidor.

Por fim, outro fator básico importante de uma embalagem de alimentos é o seu impacto ambiental. Tal ponto deve ser considerado não só em questão de responsabilidade da empresa que o produz perante o meio ambiente, mas, atualmente, se faz um fator de cunho legal em alguns lugares e requisitado por muitos consumidores. O modo de produção, descarte da embalagem e degradação do tipo de material utilizado, são pontos observados por clientes de forma que cada vez mais pessoas procuram por itens com menor impacto ambiental possível. Sendo assim, se faz necessário o uso e desenvolvimento de embalagens de alimento que possam corresponder a tais requisitos ambientais.

### 3.3 HISTÓRICO DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS PARA ALIMENTOS

A necessidade de proteger alimentos durante um período de tempo já é parte da sociedade há séculos. Até mesmo antes da formação da sociedade, os primeiros seres humanos mudando seu comportamento nômade para o sedentário passaram a buscar maneiras de conservar alimentos nos lugares onde se instalavam. A partir daí, seres humanos começaram a modificar e moldar materiais para obter recipientes, muitos deles de origem natural (conchas, folhas, madeira) e, levando em consideração a evolução das técnicas e o contato entre diferentes culturas, de boa qualidade e tão eficazes como o vidro, a cerâmica e o papel que ainda são utilizados atualmente (RISCH, 2009). Este último sendo, então, o primeiro exemplo de embalagem biodegradável desenvolvida e utilizada pelo ser humano.

Acompanhando os momentos históricos sociais, as técnicas para desenvolvimento de embalagens procuravam responder a alguma necessidade do momento. Assim, episódios fundamentais como a primeira revolução industrial que permitiu a descoberta de novos materiais aplicados para embalagens de maneira geral - mas que foram essenciais para a futura aplicação em alimentos - ou até a simples necessidade de um comércio em vender separadamente biscoitos (primeiro item alimentício a ser embalado individualmente para venda em 1890 pela National Biscuit Company) (RISCH, 2009) foram fatos pontuais que guiaram o desenvolvimento das embalagens de alimentos.

Em relação aos materiais, existem alguns casos em que embalagens foram desenvolvidas, mas apenas depois de um tempo foram direcionadas para o Setor de Alimentos. Os plásticos, por exemplo, amplamente utilizados em artefatos bélicos na Segunda Guerra Mundial, começaram a embalar alimentos no período pós-guerra (RISCH, 2009). Neste período, o polietileno foi o primeiro polímero a ser utilizado para a embalagem plástica de alimentos (RISCH, 2009) e, a partir daí, se teve o desenvolvimento de outros produtos até que, no ano de 1980, alimentos em altas temperaturas começaram a ser embalados por plásticos (Bishop-Wisecarver, 2012).

Todavia, como mencionado, o desenvolvimento da área de embalagens acompanha as necessidades da sociedade. Plásticos de fontes não renováveis apenas geram mais e mais resíduos com as embalagens descartadas após o uso e, além disso, tais fontes são limitadas. Com isso, a busca por alternativas sustentáveis para embalagens começou a ser uma questão de importância para o Setor Alimentício, além do crescimento do número de consumidores conscientes que buscam produtos com pequeno impacto ambiental.

A partir disso, os chamados biopolímeros que começaram a ganhar mais atenção na década de 90 (PATHAK; SNEHA; MATHEW, 2014) passaram a ser vistos como uma alternativa para as embalagens plásticas não-renováveis de alimentos. Com foco nas embalagens primárias, vários estudos procuravam o desenvolvimento

de recipientes e filmes biodegradáveis a partir de biopolímeros como o poliácido láctico (PLA), o polihidroxibutirato (PHB) e o polihidroxialcanoato (PHA) (PATHAK; SNEHA; MATHEW, 2014), compostos que, atualmente, já possuem um campo vasto de aplicações.

### 3.4 CLASSIFICAÇÃO DOS BIOPOLÍMEROS UTILIZADOS EM EMBALAGENS DE ALIMENTO

A definição de biopolímero ainda é discutida no meio acadêmico por diferentes pesquisadores. Para o presente trabalho, definiu-se biopolímero como qualquer polímero ou copolímero produzido a partir de matérias primas de fontes renováveis (BRITO *et al.*, 2011), como a batata, o milho, a cana-de-açúcar, entre outros.

Apesar de produzidos a partir de matérias primas de fontes renováveis, ou seja, que possuem origem natural, são abundantes na natureza e apresentam um ciclo de vida menor se comparado às fontes fósseis, esses biopolímeros não necessariamente serão biodegradáveis. Para tal, a primeira classificação será em relação à capacidade de o biopolímero se degradar.

O fato de um polímero ser produzido por fontes renováveis não garante que o mesmo será sustentável. Existem biopolímeros, como o biopolietilenos (Bio-PE), biopolipropilenos (Bio-PP) e biotereftalatos de etileno (Bio-PET), que apesar de serem produzidos parcial ou exclusivamente com matéria prima de fonte renovável, não são biodegradáveis, ou seja, não conseguem ser degradados de forma natural por microrganismos em condições favoráveis de biodegradação. O contrário também é possível, a policaprolactona (PCL) e o poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT), apesar de serem polímeros de fontes fósseis, são biodegradáveis. (AMARAL; BORSCHIVER; MORGADO, 2019).

Com isso, essa classificação apresenta suma importância, uma vez que a fim de alcançar a diminuição dos impactos ambientais causados pela Indústria de Plásticos, não basta olhar apenas para o início da cadeia do processo produtivo, é necessário também que todas as etapas estejam alinhadas com o objetivo principal.

Outra classificação importante, diz respeito à forma de obtenção dos biopolímeros. A primeira forma apresentada é dos biopolímeros obtidos a partir da utilização dos polímeros naturais, como os polímeros de amido (PA) e os polissacarídeos, que podem ser modificados ou não. Outra forma de obtenção dos polímeros é por meio da produção de monômeros a partir de fontes de carbono renováveis com sua posterior polimerização, como por exemplo, o PLA. Por último, é possível produzir biopolímeros diretamente nos microrganismos, como no caso do PHA. (OROSKI, 2013).

Uma nomenclatura comum na literatura relacionada à forma de obtenção dos biopolímeros, ou seja, sua rota de produção, é se o biopolímero é natural ou sintético. Como descrito no parágrafo anterior, um biopolímero pode ser produzido por rota natural, ou seja, sem a necessidade de síntese industrial, como é o caso dos polímeros de amido. Já por sua vez, os biopolímeros sintéticos são produzidos por rotas sintéticas, através de reações químicas na indústria. O PLA, por exemplo, apesar de ter seu monômero - ácido láctico - produzido por via biotecnológica, estará finalizado após uma reação de polimerização, e por isso, é classificado como um biopolímero sintético (RIGOLIN, 2014).

### 3.5 BIOPOLÍMEROS UTILIZADOS EM EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS PARA ALIMENTOS

A aplicação dos biopolímeros no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis para alimentos depende principalmente das características físico-químicas do material. Como foi mencionado no tópico 3.1, existem três tipos de

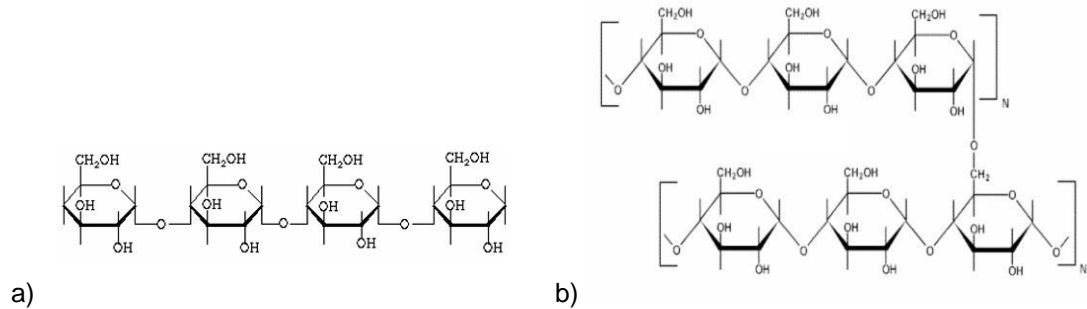
embalagens com finalidades distintas para a preservação do produto e também em relação ao nível de contato com o alimento. Dessa forma, de acordo com a rigidez, transferência de massa e calor, transparência e outros aspectos é que os biopolímeros começaram a ser analisados e aplicados no Setor de Embalagens Alimentícias. Inclusive, buscando melhorias, atualmente estudos são feitos para aperfeiçoar tais características dos materiais e, assim, expandir a sua utilização.

### 3.5.1 Amido

Em primeiro lugar, o grupo que será descrito são os biopolímeros oriundos de matéria prima vegetal, ou seja, que são extraídos diretamente de plantas. Neste grupo, se destaca o amido como uma das reservas de polissacarídeos mais abundantes em plantas (como trigo, batata e milho) (ZHONG *et al.*, 2020). Além da sua disponibilidade, este biopolímero apresenta capacidade de ser utilizado junto com outros materiais biodegradáveis ou não-biodegradáveis (IVANKOVIC *et al.*, 2017). A estrutura do amido é composta por cadeias de amilose (Figura 1), que representa uma cadeia linear e amilopectina (Figura 1), que forma uma estrutura ramificada (DENARDIN; SILVA, 2009). Esse polissacarídeo teria como biopolímero resultante de sua extrusão direta um produto fácil de moldar, porém quebradiço e hidrofílico (ZHONG *et al.*, 2020). Dessa forma, o amido nativo é misturado com agentes plastificantes (como a glicerina) para aprimorar a flexibilidade e propriedade termoplástica do biopolímero.



Figura 1: Estrutura de amilose (a) e amilopectina (b) componentes do amido.

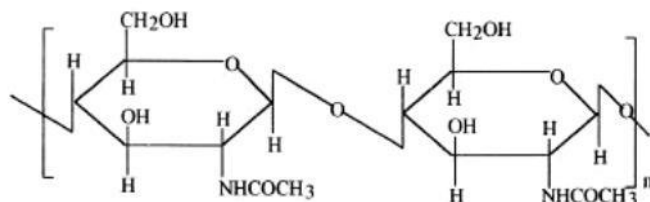


Fonte: Biopolímeros e Intermediários Químicos (PRADELLA, 2006).

### 3.5.2 Quitina

A quitina, cuja cadeia polimérica é formada pelo monômero  $C_6NO_5H_{13}$  (Figura 2) é um biopolímero capaz de ser utilizado em embalagens de alimento (SAHRAEE; MILANI, 2020). Está presente no exoesqueleto de insetos e nas conchas de ostras, cascas de camarões (IVANKOVIC *et al.*, 2017). Os filmes feitos a partir de quitina, com adição de agentes plastificantes (SAHRAEE; MILANI, 2020), além de serem biodegradáveis possuem propriedades antibacterianas a diferentes microrganismos presentes em alimentos e, assim, são reconhecidos por proteger e prolongar o tempo de prateleira de alimentos frescos (IVANKOVIC *et al.*, 2017).

Figura 2: Molécula de quitina.



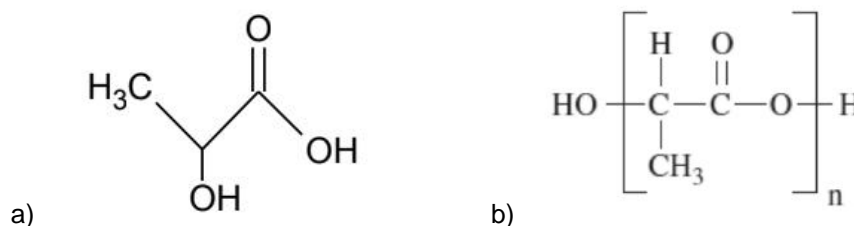
Fonte: Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais (AZEVEDO, et al., 2007).

### 3.5.3 Políácido láctico (PLA)

O Poli (ácido láctico), polilactato ou PLA é um polímero biodegradável sintetizado a partir do ácido láctico, que é um monômero (Figura 3) obtido principalmente pela fermentação de carboidratos, como por exemplo o milho e o trigo (IVANKOVIC *et al.*, 2017) por bactérias *Lactobacillus* sp (OLIVEIRA; BORGES, 2020). Existem três rotas possíveis para síntese do PLA: polimerização por abertura de anel, polimerização por condensação direta ou polimerização por condensação azeotrópica, sendo a mais comum a polimerização por abertura de anel (OLIVEIRA; BORGES, 2020). O poli (ácido láctico) apresenta propriedades mecânicas e térmicas semelhantes às do Polietileno tereftalato (PET) (OLIVEIRA; BORGES, 2020) e por já ser considerado um termoplástico biodegradável, também possui semelhanças com o poliestireno (PS) de fonte não-renovável (IVANKOVIC *et al.*, 2017).

O PLA apresenta algumas vantagens para aplicação em embalagens, como fácil processamento, boa transparência (OLIVEIRA; BORGES, 2020) e por ter destaque como barreira para vapor (IVANKOVIC *et al.*, 2017) é utilizado para a conservação de comidas frescas. Na maioria das vezes, o PLA compõe embalagens mais rígidas e são descartadas logo após o primeiro uso como copos, garrafas, bandejas e filmes (OLIVEIRA; BORGES, 2020). Apesar das vantagens, algumas desvantagens do PLA também podem ser citadas, como o baixo desempenho mecânico e a sensibilidade à degradação térmica (OLIVEIRA; BORGES, 2020), que podem ser resolvidas com a mistura com outros materiais para melhoria de suas propriedades (IVANKOVIC *et al.*, 2017).

Figura 3: a) Molécula de ácido láctico, monômero do PLA. b) Estrutura do Poliláctico.



Fonte: a) Poli (Ácido Láctico) Aplicado para Embalagens de Alimentos: Uma Revisão (OLIVEIRA; BORGES, 2020) b) Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes (BRITO *et al.*, 2011).

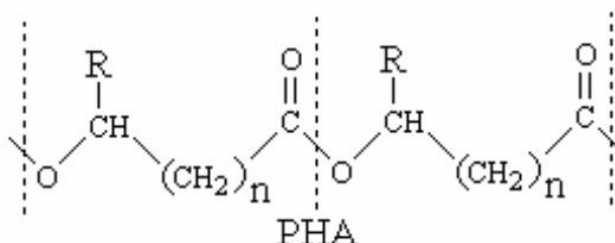
### 3.5.4 Polihidroxicanoato (PHA)

Um outro conhecido biopolímero aplicado no Setor Alimentício, mas diferenciado dos demais já mencionados, é o PHA (Figura 4). Os polihidroxicanoatos são poliésteres hidrofóbicos (IVANKOVIC *et al.*, 2017) comumente sintetizados por bactérias no meio industrial (PRADELLA, 2006) sendo que, de acordo com a fonte de carbono utilizada para fonte de energia das bactérias e dependendo da própria espécie, pode-se ter um biopolímero com propriedades mecânicas distintas (IVANKOVIC *et al.*, 2017). Dessa forma, o PHA possibilita tal variedade, com o qual pode-se obter um polímero mais consistente como a borracha ou quebradiço (IVANKOVIC *et al.*, 2017) e, assim, o mesmo pode ser utilizado na obtenção de embalagens como filmes ou suportes mais rígidos.

Os biopolímeros exemplificados são os principais empregados na Setor de Embalagens de Alimentos atualmente. Todos são citados nos artigos de revisão sobre o assunto e possuem aplicações já empregadas no mercado. Todavia, além desses, é válido ressaltar ainda o papel de outro biopolímero utilizado em menor escala no Setor Alimentício, que vem sendo estudado. O polibutileno succinato (PBS), é um poliéster linear alifático (PRADELLA, 2006) utilizado para a síntese de filmes, cujo monômero ácido succínico pode ser produzido a partir de rota química ou biológica e que possui propriedades físicas semelhantes aos polímeros convencionais como o

polipropileno e o polietileno (PELLICES, *et al.* 2017). Alguns artigos até apontam a sua vantagem em relação ao PLA e a sua aplicabilidade junto com outros biopolímeros.

Figura 4: Molécula de PHA



Fonte: Biopolímeros e Intermediários Químicos (PRADELLA, 2006).

### 3.6 PROCESSOS E MECANISMOS DE PRODUÇÃO DAS EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS

Um mesmo polímero pode gerar materiais com diferentes características a depender do tipo de processamento que o mesmo recebe. As técnicas mais usadas entre os polímeros biodegradáveis para formar filmes são o *casting*, a extrusão e a calandragem. Entre essas técnicas, o *casting*, processo pelo qual uma solução filmogênica passa por desidratação após seu espalhamento em uma superfície (DIAS, 2008), se destaca como a mais comum no meio laboratorial, porém apresenta baixa aplicação industrial por seu elevado gasto energético. Com isso, a extrusão ganhou espaço entre os filmes comerciais por apresentar rapidez no processo e ter baixo impacto ambiental (sem uso de solvente e não gera resíduo). (OLIVEIRA; BORGES, 2020).

A extrusão permite obter sacos plásticos e matriz plana para posterior transformação em filmes e chapas. Esse processo é contínuo e se dá através do aquecimento dos grânulos de resina do plástico a altas temperaturas e pressões, resultando em sua fusão (NEUZA, 2013). Durante o processo, é possível que aditivos, cargas e pigmentos sejam incorporados ao polímero (OLIVEIRA; BORGES, 2020).

Outro processo utilizado para produção de filmes plásticos é a co-extrusão, que se diferencia da extrusão pelo fato de cada material ser plastificado numa extrusora específica, resultando em um filme multicamadas. Essa técnica tem como vantagem combinar em uma mesma estrutura, as propriedades de diferentes polímeros (NEUZA, 2013).

A termoformação é outra técnica conhecida na produção de embalagens, principalmente de copos, potes e bandejas. Este processo consiste em aquecer até a temperatura de amolecimento do termoplástico uma chapa plana que foi previamente extrusada. Em seguida, o material é inserido em um molde refrigerado multicavidades, no qual por meio da ação de ar comprimido e vácuo o produto é formado (NEUZA, 2013).

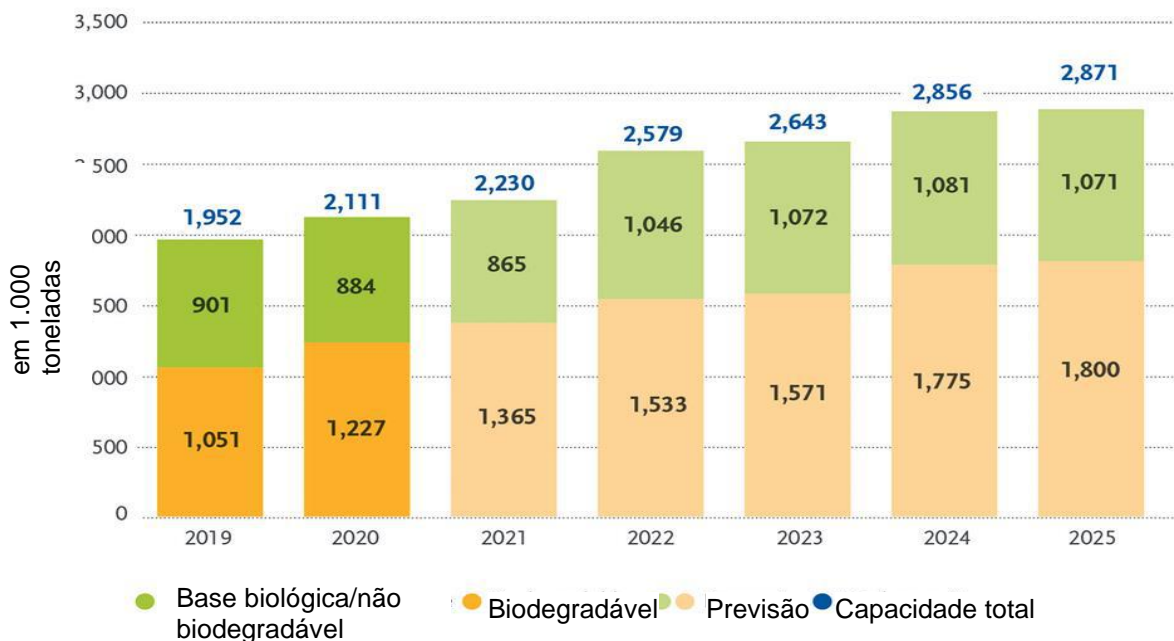
### 3.7 MERCADO PARA EMBALAGENS DE ALIMENTOS BIODEGRADÁVEIS

Quando se pensa nas embalagens mais comuns para alimentos, muitas vezes as embalagens plásticas logo surgem como exemplo. Como já indicado nos tópicos anteriores, a embalagem plástica de fato foi uma inovação no mercado que permitiu uma mudança de cenário e variedade de novas aplicações e hoje esse tipo de embalagem (plásticas de origem fóssil) são as principais do setor (CHAKORI *et al.* 2022). Contudo, mesmo com sua ampla utilidade, o impacto ambiental atrelado ao seu descarte é grande: cerca de 31% dos lixos plásticos marinhos são derivados de embalagens de alimentos e bebidas (CHAKORI *et al.* 2022), por exemplo.

Sendo o mercado de embalagens de alimentos presente em vários países (senão todos), o mesmo é caracterizado como global e chegou a valer cerca de 2,4 trilhões de dólares em 2014 (CHAKORI *et al.* 2022). Tal dado indica o tamanho e consequente impacto do mesmo para o meio ambiente, o que leva à necessidade de adequá-lo às novas demandas ambientais. Demandas essas que vêm tanto dos países e suas legislações, quanto dos próprios consumidores.

Com relação às possibilidades de melhoria para o cenário, pode ser citado o uso de embalagens biodegradáveis a partir de biopolímeros ou bioplásticos. Com relação a esses últimos, o *report* da “European Bioplastic Conference” indicou que em 2020 os bioplásticos representavam apenas 1% do total de plásticos que eram produzidos no mundo, mas a demanda era crescente. Neste reporte é possível avaliar o cenário de produção dos bioplásticos até 2025 e conforme indicado no gráfico da capacidade global de produção de bioplásticos ao longo dos anos a seguir (Figura 5).

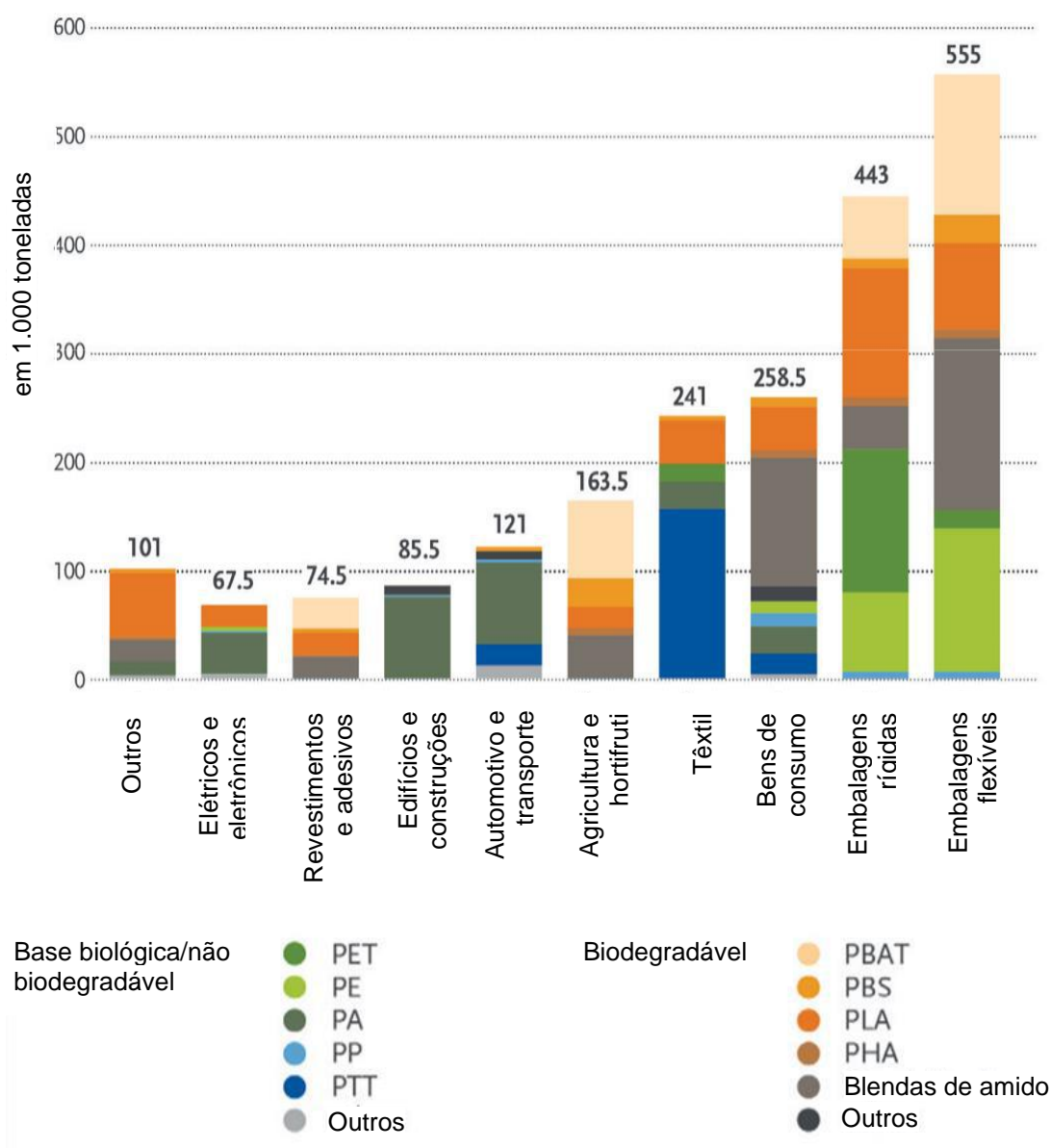
Figura 5: Capacidade global de produção de bioplásticos ao longo dos anos (2019 a 2025 - previsão)



Fonte: Adaptado de “Bioplastics market update 2020 - European Bioplastics” (Disponível em: [www.european-bioplastics.org](http://www.european-bioplastics.org)).

A crescente produção indica que o interesse para a aplicação de tais materiais também aumenta. Vários setores, então, buscam esta variedade e o mercado de embalagens se destaca com cerca de 47% de bioplásticos destinados a este fim (Figura 6).

Figura 6: Capacidade de produção de bioplásticos em 2020 por setor de aplicação.



Fonte: Adaptado de "Bioplastics market update 2020 - European Bioplastics" (Disponível em: [www.european-bioplastics.org](http://www.european-bioplastics.org)).

A partir da Figura 6 verifica-se que já em 2020 o Setor de Embalagens Flexíveis - amplamente utilizadas no Setor de Alimentos - destacava-se como principal setor de aplicação dos bioplásticos. Este uso indica também o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis uma vez que, a partir destes materiais, é possível obter uma embalagem que corresponda aos critérios de biodegradabilidade conhecidos.

Verifica-se então que poli(butileno adipato co-tereftalato) (PBAT), polilactato (PLA) e Polietileno (PE) de origem biológica são os principais bioplásticos utilizados para as embalagens (Figura 6).

A partir da análise de mercado, o cenário apresenta-se então como de interesse crescente para a aplicação de materiais biodegradáveis no desenvolvimento de embalagens e ressalta a importância de estudos para o mapeamento da tecnologia e prospecção dessas embalagens.



## 4 METODOLOGIAS DO MAPEAMENTO TECNOLÓGICO

### 4.1 ESTRATÉGIAS DE BUSCA DE ARTIGOS E PATENTES (CONCEDIDAS E DEPOSITADAS)

#### 4.1.1 Prospecção Inicial para os biopolímeros

A prospecção tecnológica feita no presente trabalho levou em consideração os biopolímeros resultantes de uma prospecção inicial, feita antes das análises Macro, Meso e Micro. Foi necessário investigar os biopolímeros que vêm sendo estudados nos últimos anos com ênfase no meio acadêmico, para que a prospecção final fosse guiada de acordo com dois biopolímeros escolhidos, aqueles que fossem os mais recentes para os estudos de embalagens biodegradáveis no Setor de Alimentos.

Para a escolha dos biopolímeros, utilizou-se a plataforma *Scopus*® na busca de artigos cujas palavras-chaves para título e resumo seriam “*biopolymer AND food AND packaging*” e com data de publicação de 2011 até 2021. Foram encontrados 1040 documentos com tais filtros, mas, para a análise a seguir, foram selecionados os 200 artigos mais recentes da lista. Ao ler os títulos e resumos, os artigos foram divididos em três grupos:

- Grupo A: Artigos que tratam de biopolímeros mas não sobre *food packaging* (ou vice e versa). Exemplo: foco em bioativos para as embalagens, mas não exatamente na matriz feita de biopolímero;
- Grupo B: Artigos de revisão que não especificaram os biopolímeros do texto;
- Grupo C: Artigos que focam em biopolímeros aplicáveis em *food packaging*.

Ao observar tais diferenças, verificou-se que os artigos do grupo três seriam os mais adequados para serem analisados. Sendo assim, dos 200 artigos mais recentes, 133 artigos compuseram o grupo três e foi verificado quais biopolímeros eram os focos de estudo dos artigos para que fosse possível quantificar as publicações de cada um.

Foram encontrados vários biopolímeros, alguns aparecendo em um até cinco artigos como pectina, colágeno, polissacarídeos em geral, PHA e PBS. Já outros biopolímeros foram bastante citados, compondo os quatro mais mencionados nos 133 artigos analisados: quitosana sendo objeto de estudo de 27 artigos, seguido pelo amido presente em 26 artigos, depois celulose aparecendo em 25 artigos e o PLA sendo o quarto mais estudado em 21 artigos. Vale ressaltar ainda que esta quantificação levou em consideração artigos que falavam exclusivamente ou não exclusivamente dos biopolímeros.

Com base na análise descrita acima, se verifica que quitosana e amido foram os mais mencionados. Levando em consideração que a diferença entre os dois foi apenas de um artigo e que ambos são biopolímeros naturais, foi feita uma nova busca sobre as embalagens biodegradáveis contendo amido ou quitosana agora para as patentes. Tal busca seguiu o processo descrito no tópico “4.1.3. Seleção das patentes (concedidas e depositadas)” do presente trabalho considerando patentes depositadas e o sítio eletrônico *Patent Inspiration*® com os termos “*chitosan food packaging*” e “*starch food packaging*”. Para o primeiro cenário 480 patentes de embalagens biodegradáveis contendo quitosana foram depositadas no banco de dados e, para o segundo cenário, 1359 patentes de embalagens biodegradáveis contendo amido foram depositadas. Sendo assim, com base em tal diferença para os biopolímeros naturais, optou-se por seguir com a prospecção tecnológica das embalagens biodegradáveis contendo amido.

Além disso, ao considerar a origem de cada um dos biopolímeros mais estudados e dando atenção à natureza sintética do PLA, diferenciando-o dos biopolímeros naturais, foram escolhidos, então, os biopolímeros PLA e Amido para seguir com a prospecção tecnológica do trabalho final.

#### **4.1.2. Seleção dos Artigos (PLA e amido)**

A busca dos artigos para a prospecção foi feita no banco de dados *Scopus*® para os documentos do tipo “*Journal*” publicados nos anos de 2012 a 2021. As

palavras chaves verificadas em títulos e resumos dos artigos foram “*PLA AND food AND packaging*”, resultando em 804 artigos encontrados para o biopolímero PLA. No caso do amido, as palavras chaves verificadas foram “*starch AND food AND packaging*”, resultando em 1295 artigos.

Para a seleção dos artigos que seriam utilizados nas análises de países e afiliações da análise Macro e, em seguida, para as análises Meso e Micro, os 100 artigos mais recentes que falavam do uso de PLA ou amido para o desenvolvimento, aprimoramento e aspectos técnicos dos biopolímeros para embalagens biodegradáveis de alimentos foram analisados e, então, selecionados para as próximas fases da prospecção. Sendo assim, estudos que não falassem de aplicações no Setor de Embalagem, que citavam o PLA ou o amido como exemplos ou ainda que falassem de outros aspectos não tecnológicos dos biopolímeros, por exemplo, não foram levados em consideração para a prospecção do presente trabalho final.

#### **4.1.3. Seleção das Patentes (concedidas e depositadas)**

A busca das patentes foi realizada utilizando o sítio eletrônico de busca *Patent Inspiration*®. Tal ferramenta de visualização possui como base de dados a DOCDB que é o arquivo documental do *European Patent Office* (EPO) e que conta com a colaboração de mais de 100 países ao redor do mundo e patentes desde o século 19, como é descrito no sítio eletrônico oficial do EPO ([www.epo.org.com](http://www.epo.org.com)). A versão grátis do *Patent Inspiration*® permite a realização da busca de patentes, de acordo com filtros de busca de palavras-chave, datas de publicação, tipos de depositantes e tantos outros. Além disso, algumas análises também são disponibilizadas gratuitamente, como a análise temporal de patentes concedidas nos últimos anos, por exemplo, e que foram utilizadas como base para algumas análises realizadas e documentadas nas próximas seções.

Para a análise de patentes concedidas, os filtros de busca para cada biopolímero foram diferenciados com relação às palavras-chave utilizadas. Para

patentes concedidas do PLA as palavras-chave foram “*PLA AND food AND packaging*” e para o amido “*starch AND food AND packaging*”. Vale ressaltar que o *Patent Inspiration*® diferencia a busca utilizando aspas (“..”) para as palavras-chave sendo que, ao utilizá-las, o sítio eletrônico entende tratar de uma palavra-chave apenas, uma expressão. Para as buscas realizadas não foram utilizadas aspas, uma vez que seria uma limitação de busca não efetiva.

Uma vez que as palavras chaves foram escolhidas, o sítio eletrônico permite a busca de tais nos títulos, resumos, *claims* e descrição das patentes. Para a busca do PLA, as palavras-chave foram encontradas selecionando títulos, resumos ou *claims* e para o amido apenas títulos ou resumos. Uma vez que a busca para este último biopolímero, quando era selecionado “*claims*”, abrangia estudos que utilizavam o amido em sua metodologia e não necessariamente na composição de embalagens biodegradáveis, optou-se por não selecionar este grupo.

Além disso, o sítio eletrônico também permite o uso de alguns filtros como os indicados na Figura 7. Em “*Narrow results*” o sítio eletrônico permite que, após a busca pelas palavras-chave, o usuário consiga também restringir a sua busca com base na família das patentes (A), patentes com imagens ou não (B), ocultar patentes com títulos ou resumos vazios (C), selecionar patentes concedidas ou não (D) e realizar uma seleção com base das datas de publicação/concessão/aplicação (E).

Figura 7: Filtros de busca possíveis com *Patent Inspiration*®.

The screenshot shows the search interface for Patent Inspiration. At the top, there is a search bar with the text "starch food packaging" and an "Update filter" button. Below the search bar, there are several filter options: "Cancel", "Find related terms", "Title" (checked), "Abstract" (checked), "Claims" (unchecked), "Description" (unchecked), and "Enable stemming" (checked). There are also tabs for "Keyword", "Applicant", "Inventor", "CPC Code", "IPC Code", "Number", and "All". Below these tabs is a text input field with the placeholder "Enter a keyword, applicant, inventor, code or number". Underneath, there is a "Narrow results" section with several checkboxes: "Show only one patent per family" (unchecked), "Hide patents with empty title or abstract" (unchecked), "Show only patents that are not granted" (unchecked), "Show only patents with images" (unchecked), and "Show only patents with publication date between" (unchecked). A date range "01-01-1900 - 01-01-2100" is shown next to the last checkbox.

Fonte: *Patent Inspiration*® - [www.app.patentinspiration.com](http://www.app.patentinspiration.com)

Para as patentes concedidas, em “*Narrow results*” o campo “*Show only patents with GRANTED date between 01/01/2012 - 31/12/2022*” foi selecionado e a busca feita em 07/01/2022, tanto para o PLA quanto para o amido. A Figura 8 mostra o escopo da busca no sítio eletrônico feito no dia mencionado para as palavras-chave “*starch AND food AND packaging*”. Nela pode-se verificar no retângulo azul inferior que o total de patentes contendo as palavras-chave e que foram concedidas nos últimos dez anos é 401 patentes. A mesma busca, mas utilizando “*PLA AND food AND packaging*” e buscando também em “*Claims*” resultou em 83 patentes (Figura 9).

Figura 8: Busca feita para patentes concedidas nos últimos 10 anos considerando “*starch and food and packaging*”.

The screenshot shows the search interface for Patent Inspiration. At the top, there is a search bar with the text "starch AND food AND packaging" and a "Patents with starch AND food AND packaging in Title or Abstract" label. Below the search bar, there are several filter options: "AND", "OR", "NOT", "Show only one patent per family" (unchecked), "Hide patents with empty title or abstract" (unchecked), "Show only patents that are not granted" (unchecked), "Show only patents with images" (unchecked), and "Show only patents with granted date between" (checked). A date range "01/01/2012 - 31/12/2022" is shown next to the last checkbox. At the bottom, there is a blue button labeled "View 401 patents" and a "Clear" button.

Fonte: *Patent Inspiration*® - [www.app.patentinspiration.com](http://www.app.patentinspiration.com)

Figura 9: Busca feita para patentes concedidas nos últimos 10 anos considerando “PLA and food and packaging”

The screenshot shows a search interface with the following elements:

- Search criteria: AND OR NOT Patents with PLA AND food AND packaging in Title, Abstract or Claims
- Search input field: Enter a keyword, applicant, inventor, code or number
- Narrow results section:
  - Show only one patent per family: Select by text content
  - Hide patents with empty title or abstract
  - Show only patents that are granted
  - Show only patents with images
  - Show only patents with granted
  - date between: 01/01/2012 - 31/12/2022
- Buttons: View 83 patents, Clear

Fonte: Patent Inspiration® - www.app.patentinspiration.com.

Para a análise temporal das patentes concedidas, tanto as 401 patentes para amido quanto as 83 patentes para PLA foram consideradas. Entretanto, para a análise Macro de países, tipos de depositantes e para as análises Meso e Micro, apenas as 30 patentes mais recentes de cada busca e que tratavam do desenvolvimento e análise tecnológica de embalagens de alimentos constituídas pelos biopolímeros foram consideradas. Casos isolados em que não tratavam de embalagens ou utilizavam os materiais para outras questões não foram consideradas. A seleção foi feita com base na leitura do título e resumos das patentes.

Com relação às patentes apenas publicadas, ou seja, que já foram deferidas, mas ainda não foram concedidas, em “Narrow results” os campos “Show only patentes that ARE NOT granted” e “Show only patents with PUBLICATION date between 01/01/2012 - 31/12/2022” foram selecionados e as buscas para os dois biopolímeros feitas em 07/01/2022. A Figura 10 mostra o escopo da busca na base, feita no período mencionado para as palavras-chave “starch AND food AND packaging”. Verifica-se no retângulo azul inferior que o total de patentes ainda não concedidas contendo as palavras-chave e que foram publicadas nos últimos dez anos é de 1359 patentes. A mesma busca, mas utilizando “PLA AND food AND packaging” e buscando também em “Claims” resultou em 141 patentes (Figura 11).

Figura 10: Busca feita para patentes ainda não concedidas publicadas nos últimos 10 anos considerando “*starch and food and packaging*”.

AND OR NOT Patents with starch AND food AND packaging in Title or Abstract

Enter a keyword, applicant, inventor, code or number

**Narrow results:** ?

Show only one patent per family. Select by text content

Hide patents with empty title or abstract

Show only patents that are not granted

Show only patents with images

Show only patents with publication date between: 01/01/2012 - 31/12/2022

[View 1359 patents](#) Clear

Fonte: *Patent Inspiration*® - [www.app.patentinspiration.com](http://www.app.patentinspiration.com).

Figura 11: Busca feita para patentes ainda não concedidas publicadas nos últimos 10 anos considerando “*PLA and food and packaging*”.

AND OR NOT Patents with PLA AND food AND packaging in Title, Abstract or Claims

Enter a keyword, applicant, inventor, code or number

**Narrow results:** ?

Show only one patent per family. Select by text content

Hide patents with empty title or abstract

Show only patents that are not granted

Show only patents with images

Show only patents with publication date between: 01/01/2012 - 31/12/2022

[View 141 patents](#) Clear

Fonte: *Patent Inspiration*® - [www.app.patentinspiration.com](http://www.app.patentinspiration.com).

Para a análise temporal das patentes ainda não concedidas, tanto as 1359 patentes para amido quanto as 141 patentes para PLA foram consideradas. Entretanto, para a análise Macro de países, tipos de depositantes e para as análises Meso e Micro, apenas as 30 patentes mais recentemente publicadas de cada busca e que tratavam do desenvolvimento e análise tecnológica de embalagens de alimentos constituídas pelos biopolímeros foram consideradas. A seleção foi feita com base na leitura do título e resumos das patentes. Além disso, é válido ressaltar que para o biopolímero PLA apenas 27 patentes concedidas atendiam os critérios de seleção e, portanto, foram consideradas para os resultados e discussões.

## 4.2 METODOLOGIAS PARA ANÁLISE

As metodologias indicadas no presente tópico foram utilizadas após a leitura dos artigos e patentes selecionados e categorizados em escalas Macro, Meso e Micro, a partir da metodologia adaptada e originada por Borschiver e Silva (2016).

Em nível Macro, a série histórica de publicações é elaborada, assim como a análise de países de origem e tipos de titulares responsáveis pela publicação, com o intuito de obter uma visão mais geral dos artigos e patentes e o interesse em aumentar ou não o número de publicações sobre determinado tema. Já em nível Meso, os estudos são categorizados de acordo com os tópicos mais importantes do tema. As taxonomias Meso e suas descrições serão indicadas no tópico específico para tal nível. Por fim, a última análise feita é em nível Micro e, assim como a Meso, categoriza os estudos de acordo com os tópicos abordados, mas agora levando em consideração as particularidades das taxonomias Meso escolhidas.

É importante frisar que as taxonomias de nível Meso e Micro não são excludentes, assim como será visto nos tópicos 4.2.2 e 4.2.3.

### 4.2.1 Metodologia para Análise Macro

Com relação aos artigos, a primeira parte da análise Macro foi feita com os 804 artigos resultantes da busca para o PLA e os 1295 artigos resultantes para o amido: a análise temporal. Para tal, foi quantificado as publicações por ano no arquivo Excel utilizando a função “CONT.SE”. Em seguida, para visualização dos resultados, foi plotado um gráfico em barras para avaliação das publicações ao longo dos anos.

A outra parte da análise Macro dos artigos foi feita com os 100 artigos selecionados conforme o tópico “4.1.2. Seleção dos Artigos (PLA e amido)” do presente trabalho final. Para a análise Macro, foram analisados os países, a fim de mapear os polos desenvolvedores de tecnologia, e tipos de afiliações dos artigos. Em um arquivo Excel, os 100 artigos foram listados com seus respectivos países e, para



os tipos de autores (afiliações), três colunas foram estabelecidas: Universidade / Centro de pesquisa, Governo (ex. Ministérios) e Empresas. Para esse último tipo de afiliação, uma nova coluna ainda foi considerada para o tipo de Empresa do artigo em questão.

Uma vez a planilha completada com os dados correspondentes, foi contabilizado e seccionado os resultados de acordo com os países e tipos de afiliações, conforme os resultados mostrados na seção seguinte (“5. Resultados e discussão”).

No caso das patentes, a análise Macro também foi iniciada pela análise temporal na qual foram consideradas todas as patentes concedidas nos últimos 10 anos ou apenas publicadas neste período derivadas das buscas realizadas *no Patent Inspiration®*. O próprio sítio eletrônico de busca já fornece o número de patentes por ano, de acordo com a sua busca, isto é, o número de patentes concedidas por ano (que foi utilizada para o perfil temporal de patentes concedidas) ou o número de patentes publicadas por ano (que foi utilizada para o perfil temporal de patentes submetidas) por exemplo. Com base nisso, um gráfico de barras foi plotado para cada cenário e de acordo com o biopolímero mencionado na patente.

Para a análise de países depositantes e tipos de depositantes, após as 30 patentes concedidas e as 30 patentes depositadas serem selecionadas conforme o tópico “4.1.3. Seleção das patentes (concedidas e depositadas)”, tanto para o amido quanto para o PLA, foi utilizada a função CONT.SE no Excel para quantificar quantas vezes os diferentes países e tipos de depositantes apareciam. É válido ressaltar ainda que, no caso de tipos de depositantes, a lista de opções já era definida por: Universidade, Empresa, Individual, Governo, Centro de Pesquisa ou Parceria entre universidade/empresa (associação entre as duas organizações). Para ambos os casos, um gráfico em pizza foi elaborado para avaliação do perfil de países e organizações depositantes de patentes.

#### 4.2.2 Metodologia para análise Meso

As análises Meso foram feitas considerando os artigos selecionados conforme o tópico 4.1.2 do presente estudo, levando em consideração o tempo de publicação e filtrando ainda os 100 artigos recentemente publicados. Para as patentes depositadas e concedidas, o processo foi semelhante, considerando aquelas selecionadas conforme o tópico 4.1.3 mas, agora, considerando as 30 patentes submetidas e as 30 patentes concedidas recentemente publicadas.

Além das considerações acima, para o grupo dos 100 artigos científicos, tanto para o PLA quanto para o amido, alguns estudos do tipo “*Review*” que abordavam exclusivamente o biopolímero aplicado em embalagens biodegradáveis de alimentos também foram considerados, uma vez que se faz importante o mapeamento de tais estudos de revisão para os biopolímeros. Os resultados para tais tipos de artigos foram separados e estão demonstrados também na seção “5. Resultados e discussão”.

Uma vez feita a seleção dos artigos e patentes, para a análise Meso se faz necessária a determinação das taxonomias, isto é, das palavras ou expressões que irão categorizar os estudos publicados analisados. A escolha das taxonomias se fez baseando-se na leitura dos títulos e resumos dos artigos e patentes selecionados, de forma a determinar os principais grupos de assuntos que eram abordados nas publicações. O Quadro 2 indica as taxonomias e as definições de cada uma delas utilizadas para a análise Meso:

Quadro 2: Taxonomias para análise Meso.

<b>Taxonomia</b>	<b>Descrição</b>
Desenvolvimento de embalagem	Refere-se aos estudos cujo objetivo da publicação seria desenvolver um determinado tipo de embalagem de alimento, realizando o estudo de caso efetivo, por exemplo.
Propriedades	Refere-se aos estudos cujo objetivo seria realizar alguma análise física, química, estrutural, e outras do material ou da embalagem em si, isto é, alguma propriedade era avaliada.
<i>Performance</i>	Refere-se aos estudos de melhoria da embalagem - aspectos de desempenho e visuais.
Composição	Refere-se às diferentes propostas de combinação com biopolímeros e/ou outros materiais, não apenas na formulação como também na embalagem (ex. embalagens multicamadas).
Forma	Refere-se aos estudos que explicitam a forma da embalagem desenvolvida.
Origem*	Refere-se aos estudos que explicitam a origem do AMIDO

Fonte: Elaboração própria.

\*A taxonomia "Origem" foi considerada apenas para o biopolímero amido uma vez que o mesmo pode apresentar diferentes fontes vegetais e desejava-se mapear tal característica do biopolímero ao ser utilizado no ramo de embalagens biodegradáveis. Além disso, para o PLA tal origem não era explicitada nos estudos.

Com as taxonomias definidas, os documentos selecionados puderam ser categorizados. Para os artigos, ainda utilizando a base de dados *Scopus*®, a classificação foi feita com base nos títulos e resumos e, quando necessário uma leitura mais aprofundada, o próprio artigo em si foi utilizado para melhor compreensão do estudo. Para as patentes, com o auxílio do *Patent Inspiration*® e o *European Patent Office*, além do título e dados bibliográficos, a descrição também foi utilizada para interpretação da patente. Vale ressaltar ainda que as taxonomias Meso não são excludentes, podendo uma mesma publicação ser categorizada em mais de uma taxonomia diferente.

Após a divisão dos estudos, cada taxonomia foi quantificada e os gráficos elaborados para melhor visualização e discussão, conforme tópico cinco do presente trabalho.

#### **4.2.3 Metodologia para análise Micro**

A análise Micro consiste em subdividir e detalhar as taxonomias escolhidas na análise Meso, para que dessa forma seja possível identificar as diferentes especificidades dos artigos e patentes. Para essa análise, foram considerados os 100 artigos publicados, as 30 patentes solicitadas e as 30 patentes concedidas, que foram selecionados previamente, conforme tópicos 4.1.2 e 4.1.3. Além disso, é importante apontar que as taxonomias não são excludentes, podendo um estudo ser classificado em mais de uma.

Para os artigos, essa subdivisão foi feita a partir da leitura do resumo e do artigo em si, quando o mesmo estava disponível na base de dados *Scopus*®. Já para as patentes, a identificação das particularidades deu-se através da leitura do resumo e da descrição das patentes encontradas no portal do *European Patent Office*. No Quadro 3, é possível visualizar as categorias escolhidas.

Quadro 3: Subdivisão das taxonomias da análise Meso para análise Micro dos artigos e patentes.

<b>Taxonomias Meso</b>	<b>Taxonomias Micro</b>
Desenvolvimento de embalagem	Embalagem ativa Embalagem inteligente Embalagem comestível Embalagem (básica)
Propriedades	Mecânica Térmica Físico-química Antimicrobiana Antioxidante Estrutural Anti-UV Umidade Permeabilidade de gases/água Biodegradabilidade
<i>Performance</i>	Funcionalidade Visual Conservação do alimento Biodegradabilidade
Composição	Plastificante/estabilizantes Nanopartícula/Microcápsulas/Nanofibras/ Nanocristais Biopolímero Polímero Outros (aditivos naturais, minerais, compostos fenólicos)
Forma	Filme Papel Recipiente Sacolas
Origem	Mandioca Milho Trigo

Fonte: Elaboração própria.

Com relação à subdivisão das taxonomias para análise Micro, dentro da categoria de "Desenvolvimento de embalagem", a definição de embalagem ativa consiste em uma embalagem que atribui vantagens aos seus produtos, por meio da interação com agentes ativos. Essas vantagens podem ser relacionadas ao tempo de prateleira do alimento e à manutenção de suas propriedades sensoriais, entre outras. Já as embalagens inteligentes, além de protegerem o alimento, são capazes de orientar sobre as condições do produto, principalmente por meio de biosensores que mudam de cor. As embalagens comestíveis, como o nome indica, podem ser

consumidas pelo usuário e por último, a categoria de embalagem (básica) são as embalagens que não possuem particularidades.

Na categoria de propriedades, a subdivisão se deu considerando as propriedades que foram explicitadas, como foco do estudo nos artigos e patentes. Para tal, a propriedade mecânica se refere à resposta do material a uma carga externa, que pode ou não sofrer deformação ou ruptura. A propriedade térmica diz respeito à resposta do material à aplicação de calor. As propriedades referentes ao material em si, como tensão de superfície, permeabilidade de gases ou água, foram incluídas na categoria de propriedades físico-químicas.

A propriedade antimicrobiana está relacionada à capacidade de inibir o crescimento de microrganismos, enquanto a propriedade antioxidante protege contra os efeitos dos radicais livres. Embalagens com capacidade de proteção contra as radiações ultravioleta foram classificadas com propriedades anti-UV. Por último dentro de propriedades, a biodegradabilidade diz respeito à capacidade do material se degradar na natureza.

A taxonomia de "*Performance*" foi subdividida em quatro para a análise Micro, sendo elas: funcionalidade, visual, conservação do alimento e biodegradabilidade. A categoria de funcionalidade se relaciona à melhora na *performance* física e mecânica da embalagem. Já a visual está relacionada à melhora na transparência e coloração da embalagem. Quando a embalagem proporciona o aumento do tempo de prateleira do alimento, este apresentava a categoria de conservação do alimento. Já quando era feita uma investigação sobre a melhora do tempo e das condições de degradação de uma embalagem, esta era classificada na categoria de biodegradabilidade.

A taxonomia "Composição" foi referente às diferentes propostas de combinação com biopolímeros e/ou outros materiais, não apenas na formulação como também na embalagem (ex. embalagens multicamadas). Foram observadas composições de embalagens contendo: Plastificante / estabilizantes, Nanopartícula /

Microcápsulas / Nanofibras / Nanocristais, Biopolímero, Polímero e Outros (aditivos naturais, minerais, compostos fenólicos), o que resultou nessa categorização.

A taxonomia "Forma" se refere aos estudos que explicitam a forma da embalagem desenvolvida e foi dividida em filme, papel, recipiente (ex. copo, bandeja, prato) e sacolas. Por último a taxonomia com aplicação exclusiva para o amido denominada "Origem" e que diz respeito à matéria prima utilizada na produção do biopolímero, foi subdividida em diferentes exemplos de fontes vegetais podendo ser de mandioca, milho ou trigo.

Após a categorização das taxonomias, cada subgrupo da análise Micro foi quantificado para que fosse possível interpretar os resultados por meio dos gráficos apresentados no próximo capítulo, juntamente com as análises e discussões desenvolvidas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

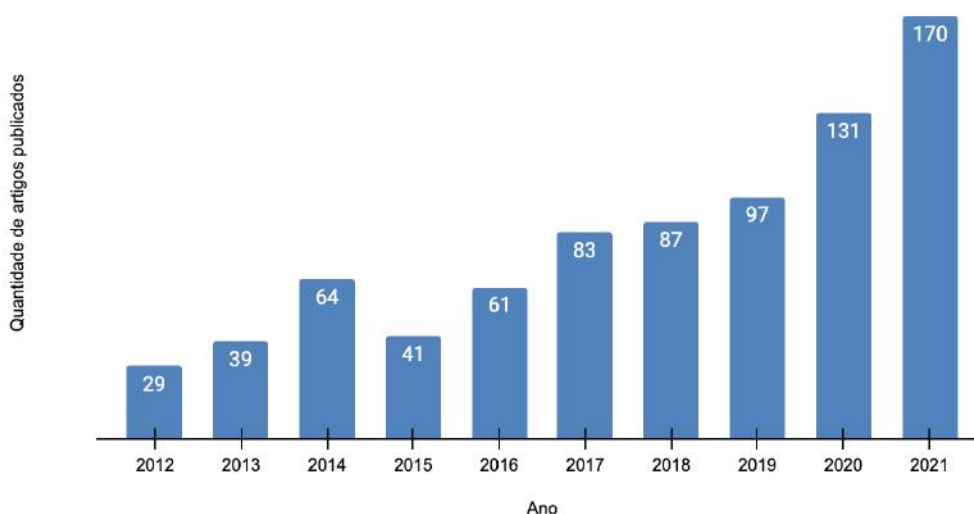
### 5.1 MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DE EMBALAGENS CONTENDO POLIÁCIDO LÁCTICO (PLA)

#### 5.1.1 Análise de Artigos

##### 5.1.1.1 Análise Macro

A primeira análise permitiu entender que os estudos de embalagens biodegradáveis de alimentos a partir do PLA se encontra atualmente em um cenário de desenvolvimento. Com isso, o primeiro gráfico obtido foi a Série Histórica de artigos que contém as palavras "PLA", "*Food*" e "*Packaging*" ao longo dos últimos 10 anos (Figura 12).

Figura 12: Série histórica de artigos publicados nos últimos dez anos para "PLA food packaging"



Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Scopus*® considerando os anos de busca: 2012 - 2021)

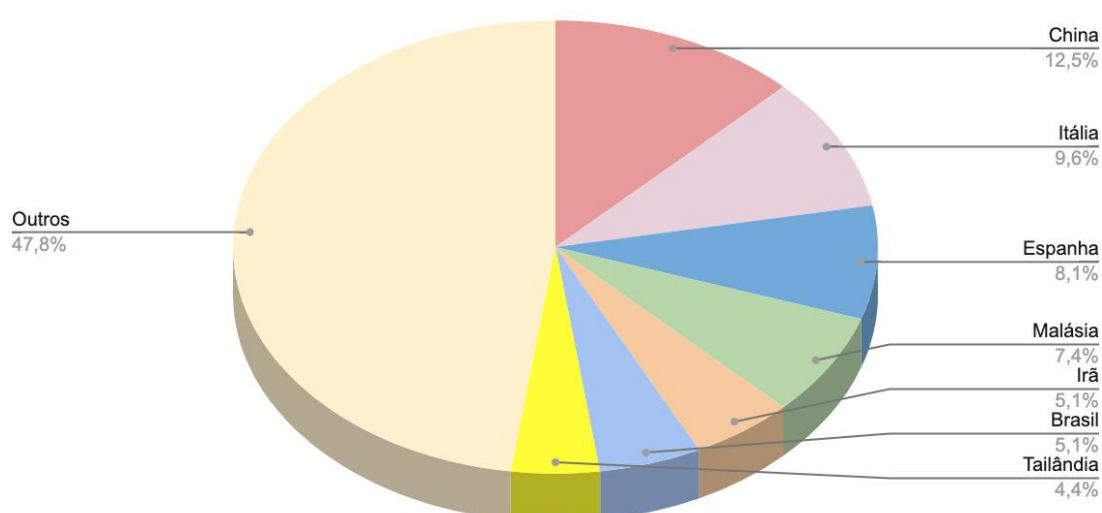
Na Figura 12, é possível observar um aumento no número de publicações de artigos sobre o tema de embalagens alimentícias de PLA ao longo dos anos, com destaque para os anos de 2020 e 2021, que tiveram 34 e 49 artigos publicados a mais, se comparados a 2019, respectivamente. Esse gráfico crescente indica que o tema



em questão se encontra em um cenário de desenvolvimento, ou seja, há interesse de realizar pesquisas sobre o assunto.

A segunda análise realizada foi em relação aos países. Para os artigos publicados, considerou-se os países de origem das organizações que publicaram os 100 artigos mais recentes selecionados (Figura 13).

Figura 13: Países das organizações responsáveis pela publicação dos artigos selecionados para "PLA food packaging".



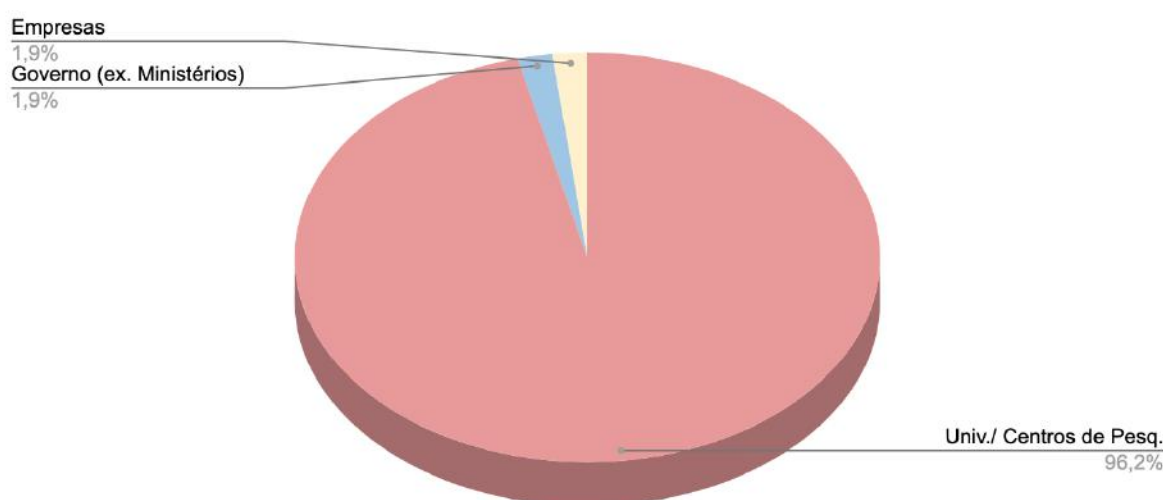
Fonte: Elaboração própria. (base de dados Scopus® considerando os anos de busca: 2012 - 2021).

Para a elaboração da Figura 13, foram feitas duas considerações. A primeira foi em relação à contabilização de artigos publicados em parceria de organizações de diferentes países, no qual ambos os países foram contabilizados pelo mesmo artigo. A fim de facilitar a visualização do gráfico, a segunda consideração feita baseou-se em países que publicaram de um a cinco artigos, os quais foram agrupados em "Outros".

É possível verificar que a China lidera o *ranking* com 12,5%, seguida da Itália com 9,6% e a Espanha com 8,1%. O Brasil aparece em quinto lugar, juntamente ao Irã, com 5,1% de participação entre os 100 artigos selecionados.

A última análise Macro realizada levou em consideração as instituições dos 100 artigos publicados ao longo dos últimos 10 anos. Os artigos foram publicados por três diferentes grupos, sendo eles "Universidades/Centros de Pesquisa", "Empresas" e "Governo". As Universidades e Centros de Pesquisa dominam a publicação de artigos com 96,2% do total do amostral realizado dos 100 artigos mais recentes publicados sobre o tema (Figura 14). Dessa forma, é possível dizer que o estudo sobre o biopolímero PLA para o uso em embalagens de alimentos é bastante desenvolvido no âmbito acadêmico.

Figura 14: Tipos de instituições dos artigos publicados selecionados para "PLA food packaging"



Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Scopus*® considerando os anos de busca: 2012 - 2021)

Além disso, é possível encontrar na Tabela 1 os nomes das Universidades e Centros de Pesquisa que mais publicaram artigos dentre os 100 artigos selecionados para análise Macro. Em primeiro lugar, com quatro artigos publicados está a *Kasetsart University*, uma universidade pública em Bangkok na Tailândia. Apesar de ocupar o primeiro lugar, a Tailândia publicou apenas seis artigos no total sobre esse tema, que representam 4,4% do total publicado. Empatadas em segundo lugar, com três artigos cada, estão as universidades *Dongguan University of Technology*, *Aristotle University of Thessaloniki*, *Beijing Technology and Business University* e *Tabriz*

*University of Medical Sciences*. Dentre estas quatro universidades, duas são chinesas, uma é grega e outra iraniana. Isso condiz com a Figura 13, uma vez que neste gráfico é possível observar que a China foi o país com maior número de artigos publicados e que o Irã aparece com 5,1% do total, empatado com o Brasil.

Tabela 1: Artigos sobre embalagens contendo PLA publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Kasetsart University	4	University of Trento	1	“Petru Poni” Institute of Macromolecular Chemistry	1
National Taiwan Ocean University	3	National Interuniversity Consortium of Materials Science and Technology (INSTM)	1	Nofima AS	1
Aristotle University of Thessaloniki	3	Institute of Organic Synthesis and Photoreactivity	1	University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine Bucharest	1
Beijing Technology and Business University	3	University of Catania	1	CETEM	1
Tabriz University of Medical Sciences	3	Interdepartmental Ctr. for Indust. Res. on Adv. Applic. in Mech. Eng. and Materials Technology	1	Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ)	1
Dongguan University of Technology	3	Interdepartmental Center for Agro-Food Research	1	Federal Rural University of Rio de Janeiro	1

Fonte: Elaboração própria. (base de dados Scopus® considerando período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 1: Artigos sobre embalagens contendo PLA publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade/</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/</b>	<b>Artigos</b>
<b>Centro de Pesquisa</b>		<b>Centro de Pesquisa</b>		<b>Centro de Pesquisa</b>	
Nicolaus Copernicus University	2	Istituto Italiano di Tecnologia	1	Federal University of Sao Carlos	1
University of Sfax	2	Bonn-Rhein-Sieg University of Applied Sciences	1	Sichuan Agricultural University	1
University of Tabriz	2	University of Bonn	1	University of California	1
Universiti Putra Malaysia	2	The American University in Cairo	1	Dalian Minzu University	1
Islamic International University Malaysia	2	Helwan University	1	Shanghai Ocean University	1
University of Tehran	2	Jimei University	1	Università degli Studi Roma Tre	1
University of Bologna	2	University Road	1	Kyung Hee University	1
University of Perugia	2	University of Limerick	1	Wageningen University and Research	1
Kunming University of Science and Technology	2	Interdepartmental Centre for Agri-Food Industrial and Research Department of Agricultural and Food Sciences	1	Lublin University of Technology	1
Federal University of ABC	2	Advanced Mechanics and Materials, Interdepartmental Center for Industrial Research (AMM-ICIR)	1	Yunnan Nationalities University	1

Fonte: Elaboração própria. (base de dados Scopus® considerando período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 1: Artigos sobre embalagens contendo PLA publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Federal University of Amazonas	2	Islamic Azad University	1	Karamanoglu Mehmetbey University	1
Université de Bejaia	2	Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V Applied Science Nano Research Group (ASNARKA), Iran Polymer and Petrochemical Institute	1	Guangxi University for Nationalities	1
University of Maribor	2	The Ohio State University	1	Guangxi Collaborative Innovation Center for Chemistry	1
University of Girona	2	Universidad Nacional de Mar del Plata Institute of Organic Synthesis and Photoreactivity (Bologna)	1	Engineering of Forest Products, Guangdong University of Technology	1
Bohai University	2	Adolfo Lutz Institute CLR VIII	1	University of Warwick	1
University Politehnica of Bucharest	2	Abertay University	1	Federal University of Pelotas	1
University of Bucharest	2	University of Naples Federico II	1	Federal University of Rio Grande	1
Novel Materials and Nanotechnology Group	1			National Institute of Health Dr. Ricardo Jorge	1
Institute of Agrochemistry and Food Technology (IATA)	1			Institute for Polymers, Composites and Biomaterials (IPCB-CNR)	1

Fonte: Elaboração própria. (base de dados Scopus® considerando período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 1: Artigos sobre embalagens contendo PLA publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Spanish Council for Scientific Research (CSIC)	1	University of Glasgow	1	University of Santiago de Compostela	1
Bioinicia R&D Department	1	INRS-Institut Armand-Frappier	1	University of Lisbon	1
University of Santiago of Chile	1	University of Valencia Science Park	1	National Institute for Agricultural and Veterinary Research (INIAV)	1
Center for the Development of Nanoscience and Nanotechnology	1	Interdisciplinary Platform for Sustainable Plastics towards a Circular Economy-Spanish National Research Council (SusPlast-CSIC)	1	Center for Study in Animal Science (CECA)	1
Shahrekord University	1	Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación, CIAL (CSIC-UAM)	1	Noorul Islam Centre for Higher Education	1
Bursa Technical University	1	Nanjing Forestry University	1	VIT University	1
Naresuan University	1	KU LEUVEN	1	Universidad de Cartagena	1
Le Mans Université	1	Universitat Pompeu Fabra	1	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia	1
Songkhla Rajabhat University	1	"Petru Poni" Institute of Macromolecular Chemistry	1	Universidad Autónoma de Coahuila	1

Fonte: Elaboração própria. (base de dados Scopus® considerando período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 1: Artigos sobre embalagens contendo PLA publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University Noshirvani	1	Adolfo Lutz Institute	1	University of Technology and Applied Sciences	1
University of Technology	1	EMBRAPA	1	King Saud University	1
Amirkabir University of Technology	1	Norwegian University of Science and Technology (NTNU)	1	Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Jiangsu University	1
Jiangsu Academy of Agricultural Sciences	1	Urmia University	1	Nanjing University of Finance and Economics	1
Key Laboratory of Grains and Oils Quality Control and Processing	1	Ss. Cyril and Methodius University	1	G. A. Krestov Institute of Solution Chemistry of RAS	1
Chiang Mai University	1	University of the Basque Country UPV/EHU	1	Ivanovo State Agricultural Academy by D. K. Belyaev	1
China Agricultural University	1	Victor Babes National Institute of Pathology	1	Universiti Teknologi MARA	1
Technical University of Cluj Napoca	1	The Research Institute of the University of Bucharest	1	Higher National Youth Skill Institute (IKTBN) Sepang	1
National Institute of Chemistry, Andaltec	1	Shahid Beheshti University of Medical Sciences	1	Federal University of Rio de Janeiro	1
University of Camerino	1	Trita Nanomedicine Research Center (TNRC)	1	laboratório de Biopolímeros e Sensores (LaBioS)	1

Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Scopus*® considerando período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 1: Artigos sobre embalagens contendo PLA publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Universiti Malaysia Perlis (UniMAP) Polymer Research Institute of Sichuan University	1	Universiti Sains Malaysia	1	University of Santiago de Chile	1
Jiangsu JITRI Advanced Polymer Materials Research Institute Co.	1	University of Ljubljana	1	CEDENNA	1
Politeknik Negeri Lhokseumawe	1	Centre for Interdisciplinary Research and Innovation (CIRI- AUTH)	1	Universidad Nacional de Mar del Plata-Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)	1
Universitas Malahayati	1	University of Porto	1	University of Bayreuth	1
Universitas Malikussaleh	1	Instituto de Investigaciones Marinas (IIM- CSIC)	1	Technical University of Liberec	1
Universitas Sumatera Utara	1	International Iberian Nanotechnology Laboratory	1	Università di Palermo	1
Universiti Malaysia Pahang	1	National Institute for Research and Development of Isotopic and Molecular Technologies	1	University of Belgrade	1
INTI International University	1	University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine	1	New Chemical Syntheses Institute	1
		EINA-University of Zaragoza	1	National Institute of Technology Tiruchirappalli	1

Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Scopus*® considerando período de busca: 2012 - 2021).



(CONTINUAÇÃO) Tabela 1: Artigos sobre embalagens contendo PLA publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Universitas Tarumanagara	1	Universitat Pompeu Fabra	1	Srinakharinwirot University	1
First City University College	1	University of Rijeka	1	Udon Thani Rajabhat University	1
Universitas Negeri Semarang	1	Ruder Bošković Institute	1	King Mongkut's University of Technology North Bangkok	1
Plastic Industry Development Center	1	Faculty of Chemical Engineering and Technology (Zagreb)	1	University of Zaragoza	1
Fisheries Research Institute	1	Nanjing Tech University	1	Queens University Belfast	1
Qatar University	1	Jiangsu Collaborative Innov. Center for Adv. Inorg. Function Composites	1	Anna University	1
Ferdowsi University of Mashhad	1	Quian Advanced Materials Institute of Nanjing Tech University	1	Veltech Rangarajan Dr Sagunthala R&D Institute of Science and Technology	1
University of Ioannina	1	Istituto Italiano di Tecnologia	1	Chennai Institute of Technology	1
King Fahd University of Petroleum and Minerals	1	Munzur University	1	KSRM College of Engineering	1
Inst. for Plasma Sci. and Tech. (ISTP)	1	Afyon Kocatepe University	1	Saveetha School of Engineering	1

Fonte: Elaboração própria. (base de dados Scopus® considerando período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 1: Artigos sobre embalagens contendo PLA publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade/ Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Institute of Sciences of Food Production (ISPA)	1	Dicle University	1	J.N.N Institute of Engineering	1
Politecnico di Milano, Istituto Italiano di Tecnologia (IIT)	1	Kunming University of Science and Technolog	1	East China University of Science and Technology	1
University of Genoa e Institute for Photonics and Nanotechnologies (IFN)	1	Higher National Youth Skill Institute (IKTBN)	1	International Islamic University Malaysia	1
Institute of Biopolymers and Chemical Fibres	1	Laboratório de Biopolímeros e Sensores, Instituto de Macromoléculas Universidade Federal do Rio de Janeiro (LABIOS/IMA/UF RJ)	1	University of Malaya	1
Lodz University of Technology	1	Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS)	1	Mahatma Gandhi University	1
Wyatt Technology Europe	1	Université Paris-Saclay	1	Università degli Studi di Salerno	1
University of Pardubice	1	Universiti Teknologi MARA (UiTM)	1	Università degli Studi di Salerno	1
University of Alicante	1			Kocaeli University	1

Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Scopus*® considerando período de busca: 2012 - 2021).

Dentre os 100 artigos selecionados, dois foram publicados por parcerias de empresas com Universidades (considerando apenas filiações), que estão explicitadas na Tabela 2. Vale ressaltar que, apesar de apenas dois artigos apresentarem parceria entre empresas e Universidades, consta na Tabela 2 o nome de quatro empresas,

uma vez que as últimas três empresas chinesas do ramo de alimentos fizeram parceria para publicar um mesmo artigo.

Tabela 2: Artigos publicados para "*PLA food packaging*" por empresas em conjunto a Universidades.

<b>Empresa</b>	<b>Setor</b>	<b>Artigos</b>
Ceprohart SA	Papel	1
Zhejiang Xingye Industrial Group Co. Ltd.	Alimentícia	1
Penglai Jinglu Fishery Co. Ltd.	Alimentícia	1
Shandong Meijia Group Co. Ltd.	Alimentícia	1

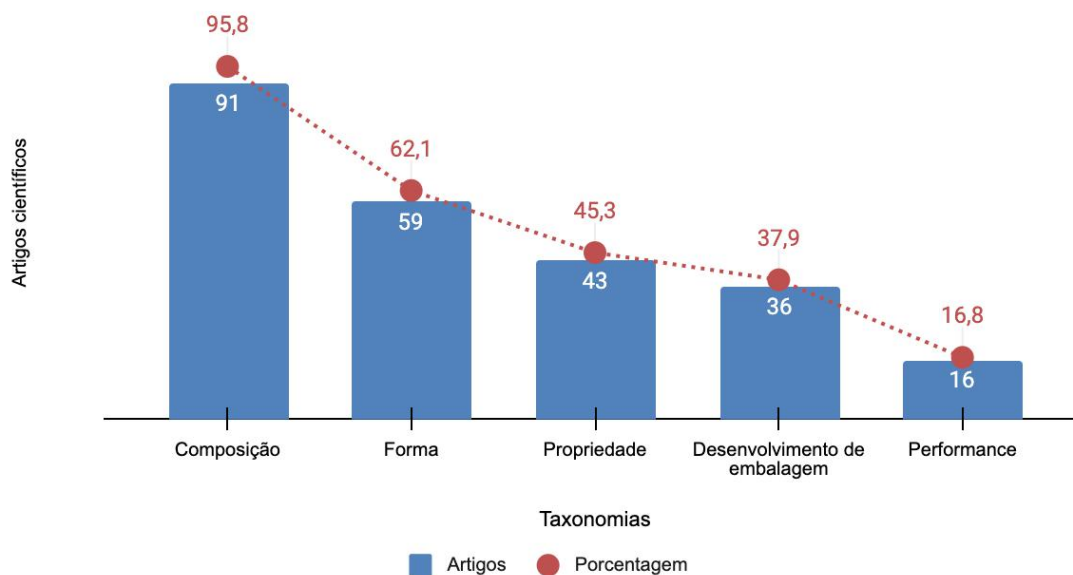
Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Scopus*® considerando período de busca: 2012 - 2021)

O artigo publicado pelas empresas chinesas do Setor Alimentício em parceria com uma Universidade teve como foco principal o desenvolvimento de uma embalagem alimentícia, não apenas o estudo das propriedades do biopolímero PLA. Isso demonstra que a parceria de empresas com universidades permite que sejam realizadas pesquisas em prol do desenvolvimento de uma tecnologia que tenha aplicação no mercado e não se restringe ao âmbito acadêmico. A *Ceprohart SA*, empresa romena do ramo de papel, assim como as empresas chinesas, também publicou um artigo que buscou desenvolver uma embalagem.

#### 5.1.1.2 Análise Meso

Os resultados e discussões acerca da análise Meso de artigos realizada para o PLA são apresentadas neste tópico. É possível visualizar e compreender a distribuição das taxonomias entre os artigos nas Figuras 15 e 16. Vale ressaltar que para os artigos publicados, os que apresentaram caráter de "*Review*" foram analisados separadamente (Figura 16).

Figura 15: Distribuição dos artigos científicos sobre embalagens contendo PLA em taxonomias Meso (quantidade nominal e porcentagem).



Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Scopus*® 95 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021)

As taxonomias para a análise Meso foram escolhidas com base na leitura do título, resumo e quando necessário, do artigo em si e resultaram nas seguintes categorias: *Composição*, *Forma*, *Propriedade*, *Desenvolvimento de embalagem* e *Performance*. Dentre estas categorias, "*Composição*" foi selecionada para 95,8% dos artigos analisados, ou seja, dos 95 artigos considerados, 91 estudaram uma embalagem biodegradável para alimentos que apresentaram outros materiais além do PLA em sua composição. Além dos artigos que estudaram compósitos contendo PLA, também foram selecionados para essa taxonomia os artigos que usaram o PLA em sua forma pura, porém em camadas com outros polímeros para formar embalagens, como por exemplo: filmes multicamadas. Isso pode se dar pelo fato de que o PLA puro apresenta propriedades mecânicas e térmicas baixas, o que lhe confere um caráter mais quebradiço e com pouca flexibilidade (OLIVEIRA; BORGES, 2020) que não é ideal para produção de embalagens.

A taxonomia "Forma" foi a segunda colocada no *ranking* das que mais aparecem nos artigos publicados, com 62,1%. Vale ressaltar que as taxonomias "Composição" e "Forma" não eram excludentes, ou seja, foram selecionadas juntamente com outras taxonomias para um mesmo artigo, com intuito de mapear as características da embalagem, enquanto as taxonomias "Propriedade", "Desenvolvimento de embalagem" e "*Performance*" foram selecionadas de forma excludente entre si, a fim de proporcionar uma percepção maior acerca do tema de interesse do estudo e sua finalidade.

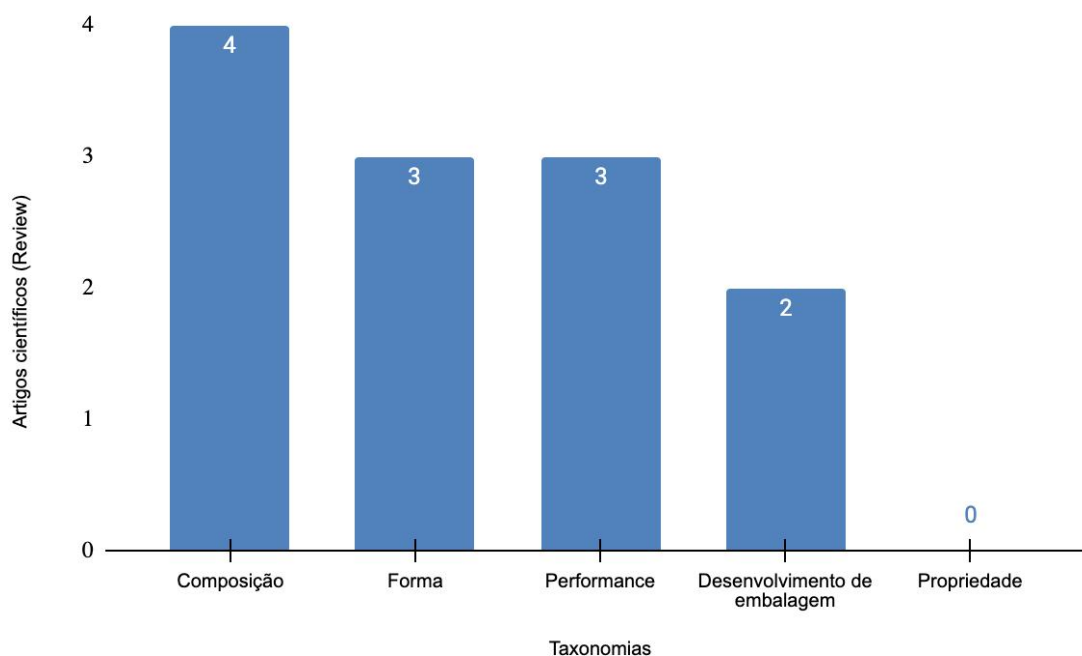
A taxonomia "Propriedade" ficou em terceiro lugar, com 45,3% dos artigos publicados. Esse número é expressivo, pois representa que quase metade dos artigos que foram selecionados focou no estudo das propriedades do biopolímero PLA. O estudo sobre embalagem de alimento contendo PLA ainda se encontra majoritariamente na fase de desenvolvimento de *blends* e composições que melhorem as propriedades desse biopolímero, antes de ser efetivamente usado para embalagens.

A maioria dos artigos que foram selecionados para as taxonomias de "Desenvolvimento de embalagem" e "*Performance*" também fizeram o estudo das propriedades do material, porém a taxonomia "Propriedades" só era marcada quando o objetivo final do estudo era realmente focado em avaliar as propriedades do biopolímero. Quando o objetivo era melhorar a *performance* da embalagem ou desenvolver uma embalagem, as taxonomias "*Performance*" e "Desenvolvimento de embalagem" eram escolhidas, respectivamente.

Por fim, normalmente é esperado do âmbito acadêmico um desenvolvimento de estudo focado mais nas propriedades do material do que na aplicação prática de uma tecnologia desenvolvida. Esses gráficos refletem essa análise, uma vez que a taxonomia de "Propriedades" obteve 43 artigos publicados e as taxonomias "Desenvolvimento de embalagem" e "*Performance*" obtiveram 36 e 16, respectivamente.

Como ressaltado no início deste tópico, os artigos com caráter de revisão foram analisados de forma separada e o gráfico obtido pode ser visto a seguir.

Figura 16: Distribuição dos 5 artigos *review* sobre embalagens contendo PLA em taxonomias Meso (quantidade nominal).



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® artigos *review* selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021)

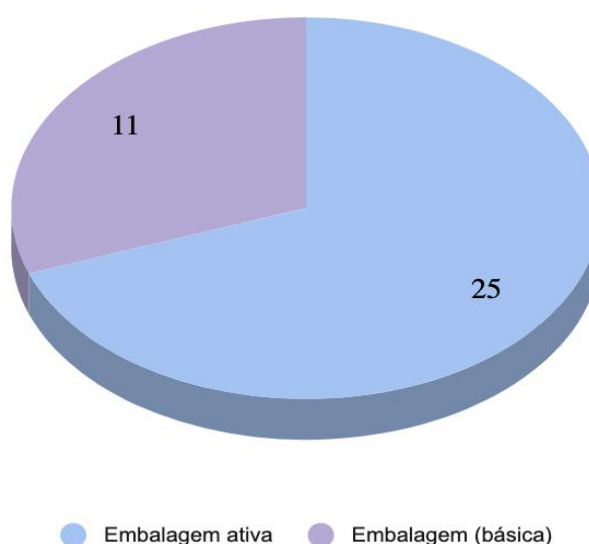
Dentre os cinco artigos analisados, obteve-se um resultado inverso quando comparado aos 95 artigos analisados (Figura 15). A taxonomia de "Propriedade" não foi observada em nenhum dos cinco artigos, enquanto as taxonomias "*Performance*" e "*Desenvolvimento de embalagem*" apresentaram três e dois, respectivamente. Percebeu-se pela leitura destas revisões, que o foco majoritário era reunir o conhecimento encontrado na literatura para o desenvolvimento de embalagens ou na *performance* da mesma, quando utilizado PLA puro ou em combinação com outros materiais.

### 5.1.1.3 Análise Micro

A fim de obter um maior entendimento acerca das particularidades de cada artigo publicado, abaixo estão apresentados os gráficos referentes à análise Micro realizada. Os dados foram analisados e discutidos ao longo deste tópico, sendo os primeiros cinco gráficos referentes aos 95 artigos selecionados, ou seja, para essa análise, não se levou em conta os artigos do tipo "Review".

A primeira taxonomia Meso a ser explorada é a de "Desenvolvimento de embalagem" (Figura 17). Essa categoria foi dividida em quatro subgrupos para análise Micro, sendo eles, "Embalagem ativa", "Embalagem inteligente", "Embalagem comestível" e "Embalagem (básica)", porém observou-se que dos 36 artigos que tinham como objetivo desenvolver uma embalagem, nenhum citou o desenvolvimento de embalagens inteligentes ou comestíveis. Com isso, obteve-se 25 artigos no subgrupo "Embalagem ativa" e 11 artigos no subgrupo "Embalagem (básica)". Pode-se observar dessa forma, que a aplicação do PLA para embalagens ativas de alimentos vem sendo estudado no meio acadêmico nos últimos anos.

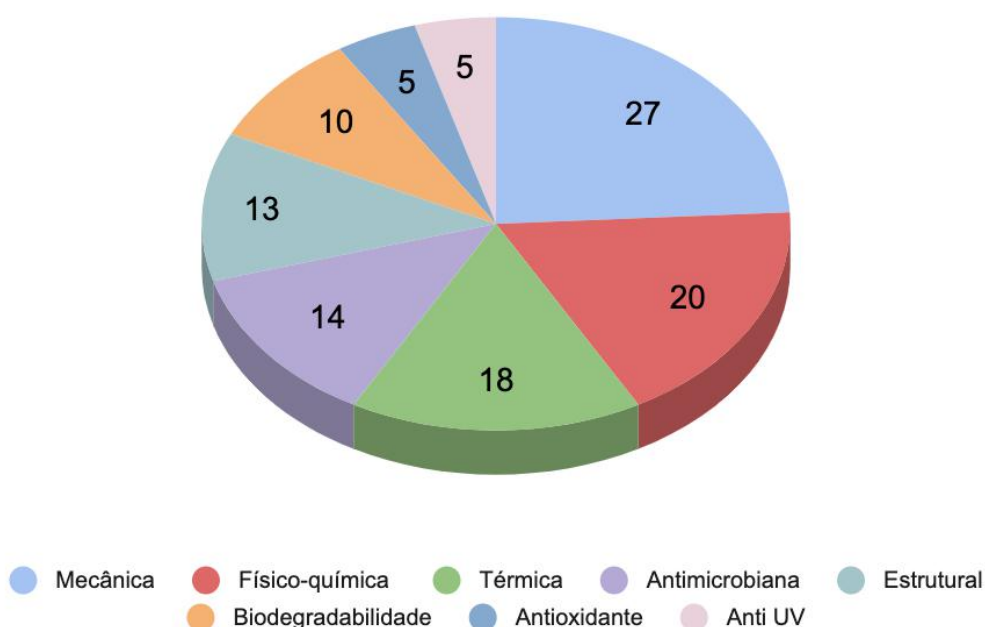
Figura 17: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo PLA selecionados com a taxonomia Meso "Desenvolvimento de embalagem".



Fonte: Elaboração própria (base de dados Scopus® 95 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021)

Enquanto a taxonomia "Desenvolvimento de embalagem" teve seus subgrupos selecionados de forma excludente, a taxonomia "Propriedades" (Figura 18), apresenta mais de um subgrupo selecionado para cada artigo, uma vez que mais de uma propriedade do material era estudada. No total dos 43 artigos selecionados, cujo foco principal era estudar as propriedades do PLA ou das blendas e compósitos do PLA com outros materiais, o subgrupo que obteve destaque foi o de propriedade mecânica, com 27 artigos. Apesar do PLA ter fácil processamento, boa transparência, ser um biopolímero biodegradável e ser economicamente competitivo, o mesmo possui baixo desempenho mecânico. (OLIVEIRA; BORGES, 2020).

Figura 18: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo PLA selecionados com a taxonomia Meso "Propriedades".



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 95 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021)

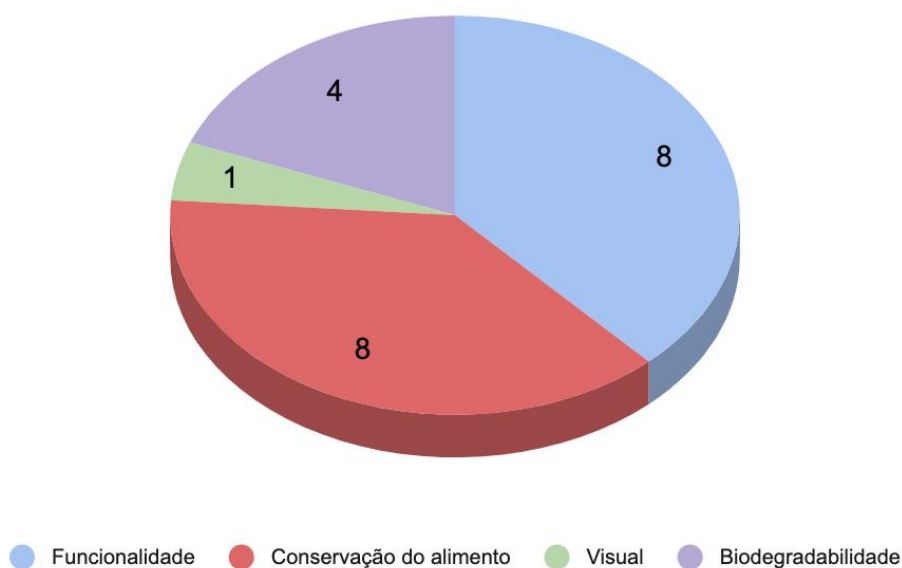
Ainda no ranqueamento da taxonomia "Propriedades", os subgrupos que também tiveram destaque foram as propriedades térmica, físico-química e antimicrobiana, com 18, 20 e 14 artigos, respectivamente. Para o uso do PLA como embalagem de alimento biodegradável segura, é preciso que o mesmo apresente boa



estabilidade com manutenção de suas propriedades físicas por anos, que seja resistente a microrganismos e que apresente boa biodegradabilidade. Com isso, é coerente o estudo dessas propriedades, uma vez que o PLA possui alta resistência ao ataque de microrganismos no meio ambiente a condições normais de temperatura e precisa ser aquecido para conseguir ser degradado (PRADELLA, 2006). Vale ressaltar que para os artigos enquadrados nessa taxonomia, o objetivo do estudo não era o desenvolvimento de embalagens, e sim o entendimento ou melhora das propriedades do material em análise.

A Figura 19, por sua vez, apresenta os resultados da análise Micro para a taxonomia Meso "*Performance*", na qual essa categoria foi subdividida em "Funcionalidade", "Visual", "Conservação do alimento" e "Biodegradabilidade". As taxonomias não foram selecionadas de forma excludente e, com isso, o resultado obtido foi de oito artigos para ambos os subgrupos "Funcionalidade" e "Conservação do alimento", enquanto a categoria "Biodegradabilidade" apresentou quatro artigos e a categoria "Visual" apresentou apenas um artigo.

Figura 19: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo PLA selecionados com a taxonomia Meso "*Performance*".

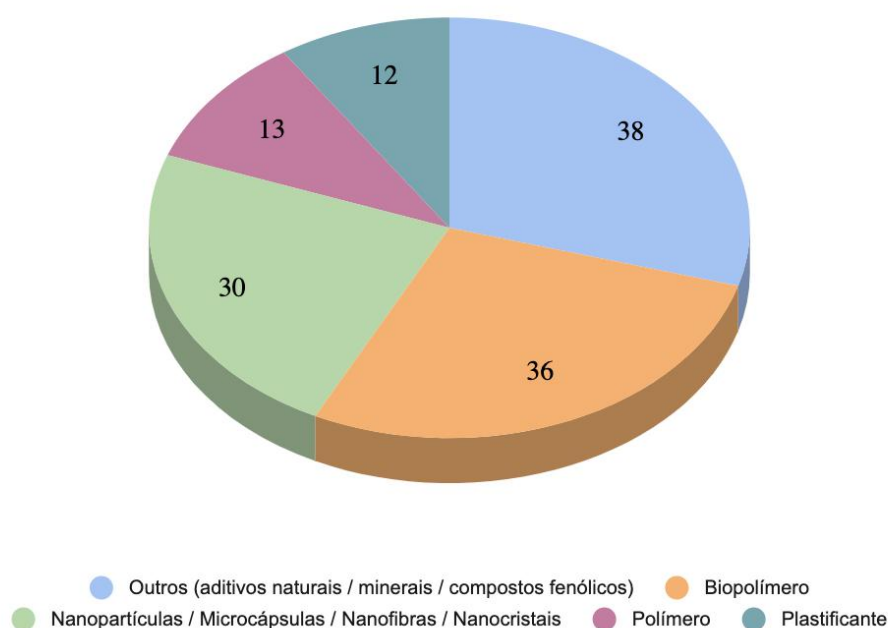


Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 95 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021)

Embalagens com aplicações de filmes, por exemplo, devem apresentar boas propriedades de força de ruptura, alongamento e resistência ao rasgamento (OLIVEIRA; BORGES, 2020), ou seja, não apenas as propriedades do biopolímero importam, mas também da embalagem como um todo. Com isso, as taxonomias "*Performance*" e "*Propriedades*" foram selecionadas de forma excludente, pois se definiu que os artigos que foram selecionados como taxonomia "*Performance*", apesar de apresentarem também o estudo de suas propriedades, tinham como proposta principal a melhora do desempenho da embalagem, quando comparado a um estudo prévio realizado e não apenas buscava entender as propriedades do biopolímero PLA.

A seleção entre os subgrupos da taxonomia "*Composição*" não foi feita de forma excludente. Dito isso, o resultado da análise Micro está apresentado a seguir (Figura 20) e o subgrupo que obteve o maior número de artigos selecionados foi o subgrupo "*Outros*", com 38 artigos. Em segundo lugar, apareceu o subgrupo "*Biopolímero*" com 36 artigos selecionados. O subgrupo "*Outros*" engloba aditivos naturais, minerais e compostos fenólicos, que têm a função de melhorar as interações e a compatibilidade do PLA, que é um biopolímero hidrofóbico, com outros biopolímeros, como por exemplo, o amido e a quitosana, que são hidrofílicos.

Figura 20: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo PLA selecionados com a taxonomia Meso "Composição".



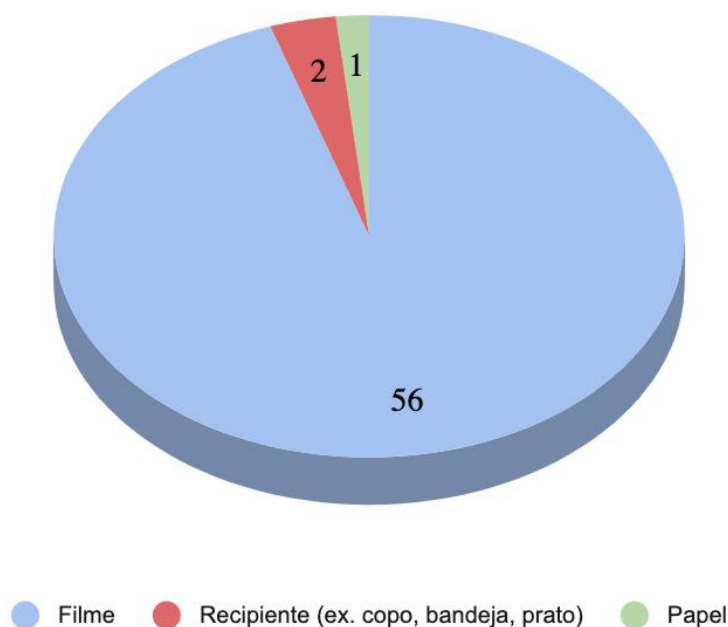
Fonte: Elaboração própria. (base de dados Scopus® 95 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021)

Em terceiro, o subgrupo "Nanopartícula/Microcápsulas/Nanofibras/Nanocristais" apresentou 30 artigos selecionados. As embalagens ativas, que cada vez mais vêm sendo estudadas, utilizam bastante da técnica de microencapsulamento e nanopartículas para garantirem uma embalagem com melhor *performance*. Além disso, a incorporação de nanopartículas às matrizes de PLA melhoram suas propriedades mecânicas, térmicas e de barreiras. (OLIVEIRA; BORGES, 2020).

Apesar de 13 artigos sugerirem uma composição do PLA com polímeros de origem fóssil, esses em sua maioria eram biodegradáveis. Como mencionado anteriormente, o PLA é um biopolímero mais frágil com baixa resistência térmica e de impacto, e com isso, uma estratégia para driblar essas desvantagens é misturá-lo com outros polímeros. Além da vantagem de melhorar as características do PLA, essas misturas também contribuem para reduzir os custos desse material, pois o PLA ainda apresenta um valor maior se comparado com polímeros derivados do petróleo. (OLIVEIRA; BORGES, 2020).

A última análise Micro realizada para os artigos selecionados é referente à taxonomia "Forma" com os subgrupos "Filme", "Papel" e "Recipiente" (Figura 21). O resultado obtido foi quase unânime, com 56 dos 59 artigos selecionados estudando o PLA na forma de filme.

Figura 21: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo PLA selecionados com a taxonomia Meso "Forma".



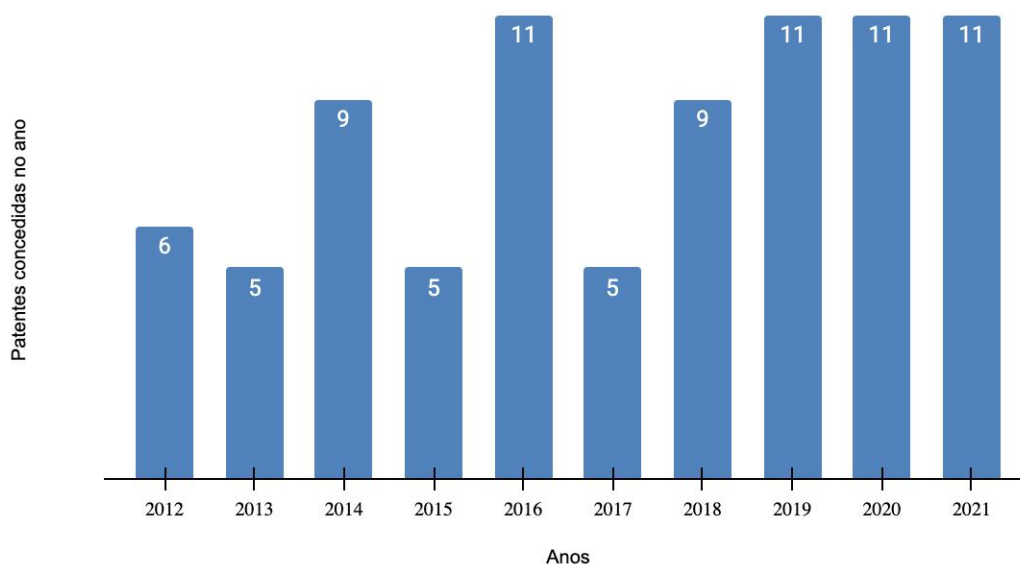
Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Scopus*® 95 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021)

## 5.1.2 Análise de Patentes Concedidas

### 5.1.2.1 Análise Macro

O primeiro gráfico obtido foi a Série Histórica de patentes concedidas que contém as palavras "PLA", "Food" e "Packaging" ao longo dos últimos 10 anos (Figura 22).

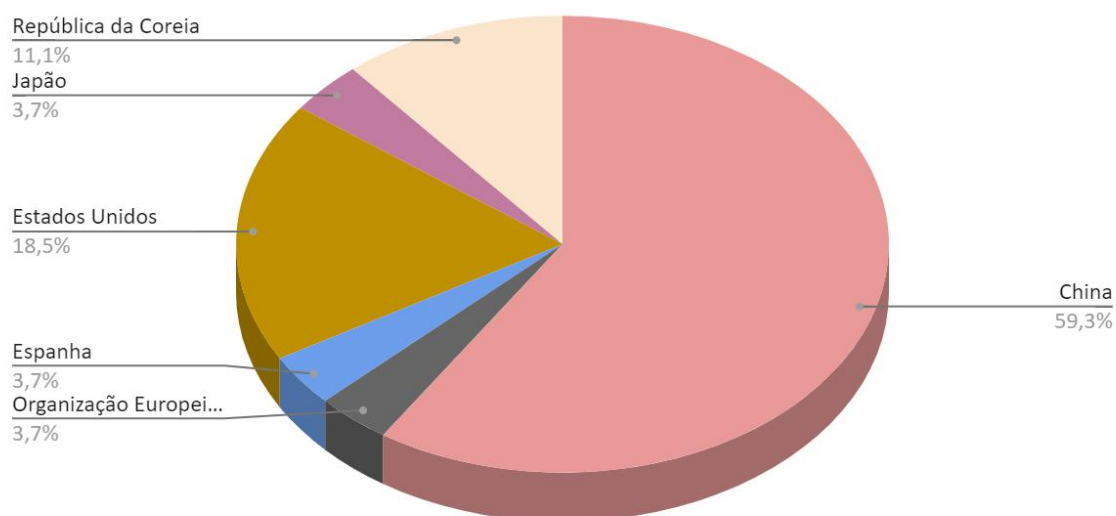
Figura 22: Série histórica de patentes concedidas nos últimos dez anos para “PLA food packaging”.



Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Patent Inspiration*® considerando período de busca: 2012 - 2021)

A partir do gráfico obtido (Figura 22), é difícil observar uma tendência clara. De 2012 a 2018, o número de patentes concedidas apresentou uma média de sete patentes por ano, com destaque para 2016, com 11 patentes concedidas. Quando analisados os três últimos anos das patentes concedidas, um platô de 11 patentes por ano é formado. Todavia, é válido ressaltar que para afirmar que este é um cenário de estagnação, é necessária uma série de variáveis que podem alterar essa análise.

Figura 23: Países dos titulares das patentes concedidas selecionadas para “PLA *food packaging*”.

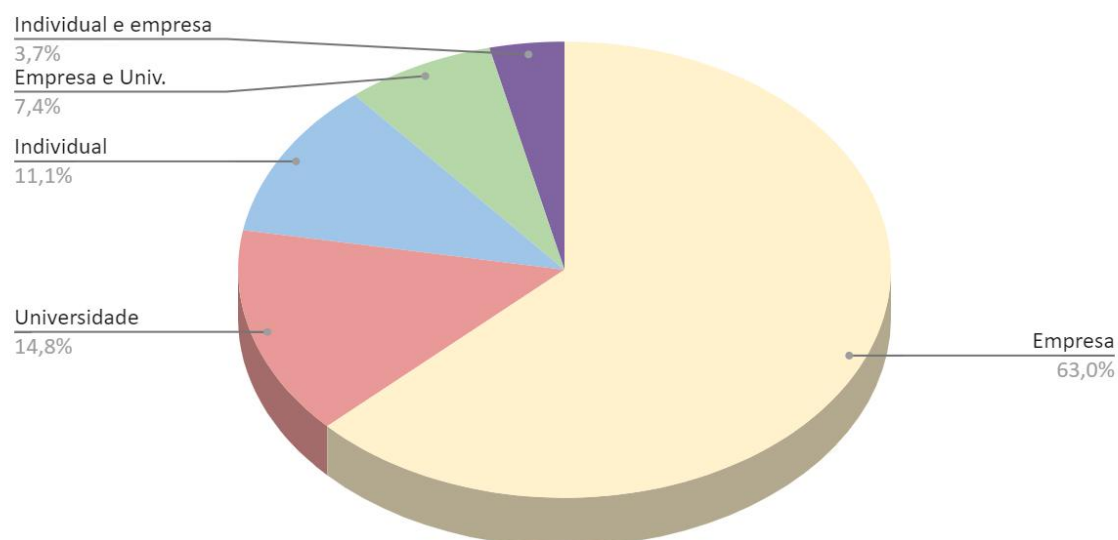


Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 27 patentes mais recentes do período de busca: 2012 - 2021)

Para as patentes concedidas (Figura 23), a China mantém a liderança com um percentual de 59,3% e os Estados Unidos aparecem em segundo lugar, enquanto não há manifestação do Brasil entre as patentes concedidas selecionadas.

A última análise macro realizada levou em consideração as instituições das patentes concedidas ao longo dos últimos 10 anos. Para as patentes concedidas (Figura 24), foi possível observar cinco grupos de titulares: "Empresa", "Universidade", "Individual", "Empresa e Universidade" e "Individual e Empresa". A concessão de patentes é dominada pelas empresas, o que demonstra um maior interesse dessas em desenvolver novas tecnologias focadas na aplicação do PLA nas embalagens de alimentos.

Figura 24: Tipos de titulares das patentes concedidas selecionadas para “PLA food packaging”.



Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 27 patentes mais recentes do período de busca: 2012 - 2021)

A Tabela 3 explicita o depositante para as patentes concedidas sobre embalagem de alimentos de PLA. Dentre as empresas que publicaram patentes concedidas, todas apresentaram apenas uma patente. Contudo, apesar de não haver destaque para um depositante específico, é válido analisar o perfil do depositante para entender qual o setor de empresas que mais desenvolve tecnologia nesse tema. Com sete patentes concedidas figuram as empresas químicas, que são aquelas que produzem produtos químicos, como os petroquímicos, polímeros, entre outros. As empresas de embalagens, materiais e tecnologias publicaram cada três patentes que foram concedidas. Esse resultado indica que ainda não há uma empresa dominante no desenvolvimento de tecnologia para embalagens de alimentos à base de PLA.

Tabela 3: Empresas titulares de patentes concedidas com o assunto “PLA *food packaging*”.

<b>Depositante (titular)</b>	<b>Perfil do depositante</b>	<b>Patentes concedidas</b>
Shenzhen Jiuxinda Tech Co Ltd	Tecnologia	1
Yuncheng Qilong New Mat Co	Materiais	1
Ecologica De Los Pirineos S L	Alimentícia	1
Doil Ecotec Co Ltd [Kr]	Bioplásticos	1
Shanghai Tangke New Package Mat Co Ltd	Embalagem	1
Jiangsu Wintersun Energy Saving Science & Tech Co Ltd	Energia e tecnologia	1
Wan Zhuo Wuhan New Mat Co Ltd	Materiais	1
Vanjoin Wuhan New Mat Co Ltd	Materiais	1
Zhuhai Zhengye Packaging Co Ltd	Embalagem	1
Hairma Chemicals (Gz) Ltd	Química	1
Wuxi Taihu Lanzao Resource Applic Technology Res Inst Co Ltd	Tecnologia	1
Stora Enso Oyj [Fi]	Embalagem	1
Nutripol Capital S A R L [Lu]	Bioplásticos	1
Dupont Teijin Films Us Ltd [Us]	Química	1

Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 27 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)]



(CONTINUAÇÃO) Tabela 3: Empresas titulares de patentes concedidas com o assunto “PLA food packaging”.

<b>Depositante (titular)</b>	<b>Perfil do depositante</b>	<b>Patentes concedidas</b>
Arkema Inc [Us]	Química	1
Dupont Teijin Films Us Ltd[Us]	Química	1
Hunan New Wellful Co Ltd	Alimentícia	1
Dupont Teijin Films Us Ltd [Us]	Química	1
Dupont Teijin Films Us Ltd [Us]	Química	1
Dupont Teijin Films Us Ltd[Us]	Química	1

Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 27 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)]

Foi possível observar que algumas Universidades também apareceram com patentes concedidas com o assunto “PLA Food Packaging” (Tabela 4).

Tabela 4: Universidades ou Centros de Pesquisa titulares das patentes concedidas com o assunto “PLA food packaging”

<b>Depositante (titular)</b>	<b>Patentes concedidas</b>
Univ Guelph [Ca]	1
Univ South China Tech	1
Univ Guangzhou Medical	1
Univ Beijing Tech & Business	1
Univ Hunan Technology	1
Univ Wuhan	1

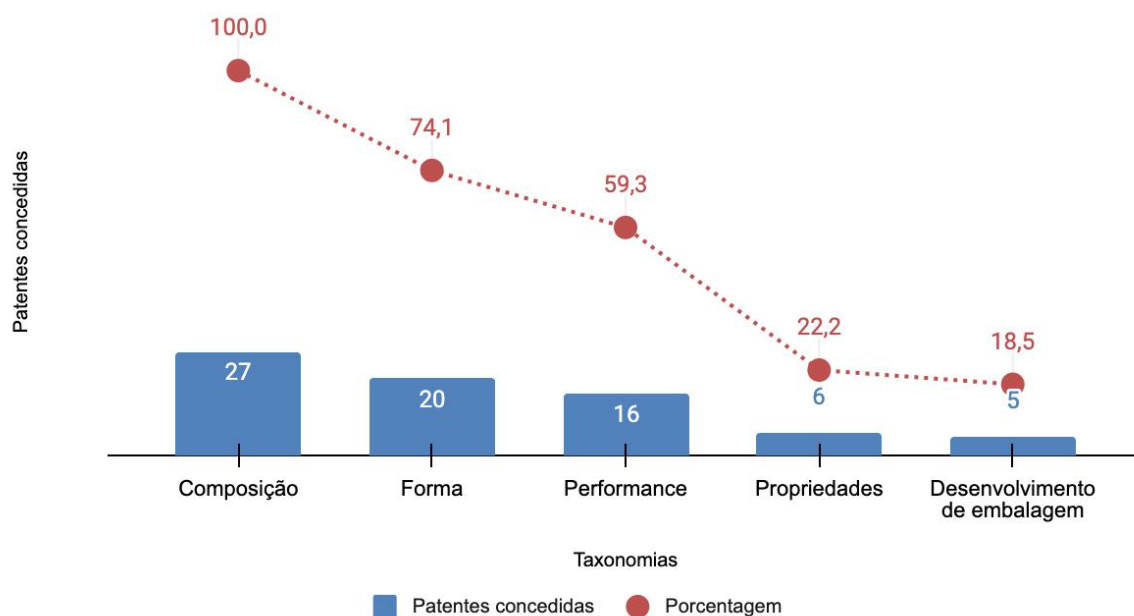
Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 27 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

Vale ressaltar que, para as patentes concedidas, as universidades em alguns casos depositaram patentes mediante parceria com uma empresa, mas em alguns casos como únicas depositantes.

### 5.1.2.2 Análise Meso

Na Figura 25, de patentes concedidas, é possível observar que 100 % das patentes apresentaram o PLA combinado com outros materiais.

Figura 25: Distribuição das 27 patentes concedidas sobre embalagens contendo PLA em taxonomias Meso (quantidade nominal e porcentagem).



Fonte: Elaboração própria. (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 27 patentes mais recentes do período de busca: 2012 - 2021).

É possível observar que para aplicação desse biopolímero na produção de embalagens de alimento, faz-se necessária a adição de outros materiais combinados que modifiquem e melhorem as características do mesmo, a fim de se adequar às características que uma embalagem alimentícia exige. Essa melhora nas propriedades do PLA pode ser obtida através da orientação molecular durante o

processamento do material, porém nem sempre isso é possível e o uso de outros polímeros pode ser uma alternativa que possibilita diversas aplicações. Somado a isso, outra vantagem das composições, é que isso reduz o custo do material, pois plásticos de origem fóssil ainda apresentam custo mais baixo se comparado ao PLA. (OLIVEIRA; BORGES, 2020).

A taxonomia de "Forma" apareceu em cerca de 74% para patentes concedidas. O detalhamento em relação a qual forma é mais comum para esse biopolímero será apresentado no tópico da análise Micro. A comparação percentual entre o número de patentes que apresentaram a taxonomia "Forma" com o número de artigos que apresentaram essa mesma taxonomia não foram muito distintos (62,1% dos artigos apresentaram a taxonomia "Forma").

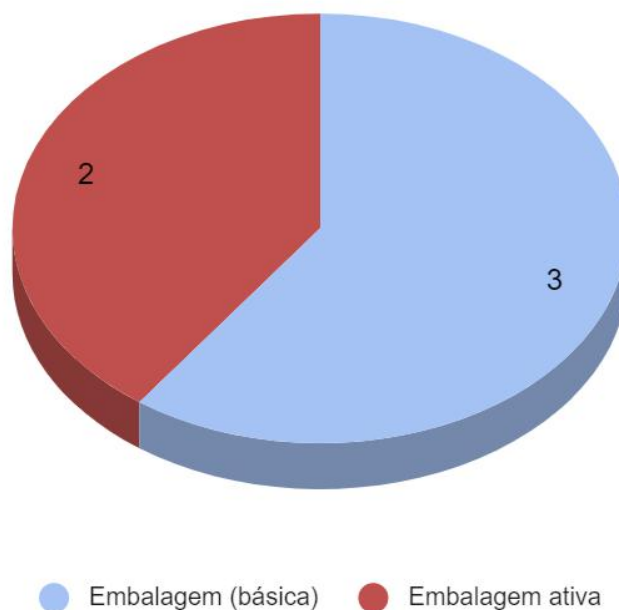
A taxonomia "*Performance*" para patentes concedidas foi expressiva, com 16 das 27 patentes apresentando essa taxonomia, ou seja, 59,3%. As taxonomias de "Propriedades" e "Desenvolvimento de embalagem" apresentaram seis e cinco patentes, respectivamente.

As empresas, instituições majoritárias na publicação de patentes, mostraram ter um grande interesse em estudar e patentear a melhoria de *performance* atrelada à embalagem que contém PLA. De acordo com a análise dos gráficos, quase 60% das patentes estão relacionadas à melhora da *performance* de uma embalagem, ou seja, muitas vezes, mesmo que a patente proponha uma melhora das propriedades do material, o seu objetivo principal está atrelado à embalagem em sua fase final e, por isso, a taxonomia de "*Performance*" foi selecionada.

### 5.1.2.3 Análise Micro

O resultado obtido para a análise Micro da taxonomia "Desenvolvimento de embalagem" das patentes concedidas é apresentado a seguir (Figura 26).

Figura 26: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso "Desenvolvimento de embalagem".

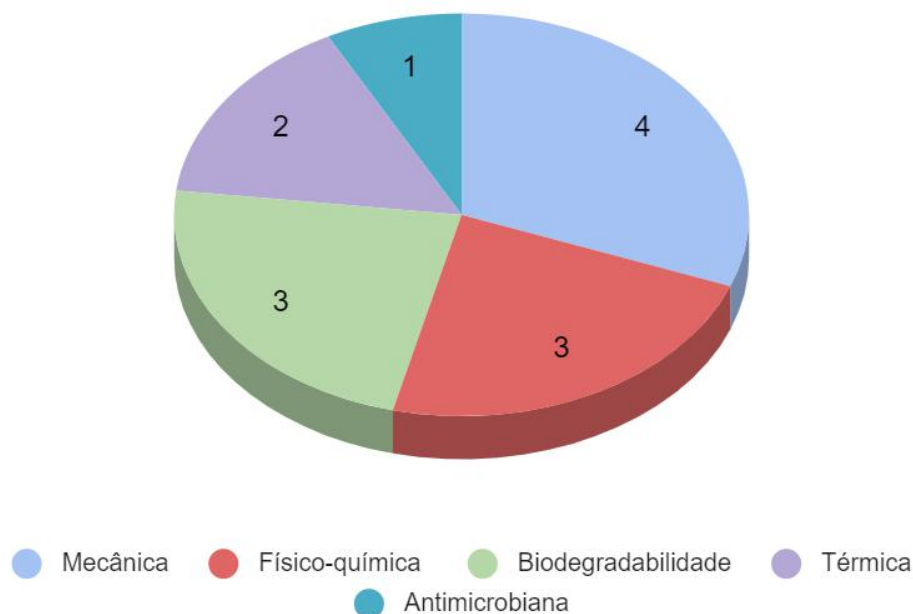


Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 27 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

As patentes concedidas apresentaram um total de cinco patentes com foco no desenvolvimento de embalagens, mais precisamente, três embalagens básicas e duas embalagens ativas. Assim como para artigos, os subgrupos "Embalagem inteligente" e "Embalagem comestível" não estiveram presentes para as patentes. A seleção dos subgrupos da taxonomia "Desenvolvimento de embalagem" foi feita de forma excludente, uma vez que cada patente, quando apresentou foco no desenvolvimento de embalagem, era apenas em um tipo.

Para a análise Micro da taxonomia "Propriedades", a quantidade de patentes concedidas selecionadas para essa taxonomia foi baixa, com destaque maior para propriedade mecânica do biopolímero (Figura 27). Vale ressaltar que para a taxonomia "Propriedades", uma mesma patente podia ser selecionada para diferentes subgrupos.

Figura 27: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso "Propriedades".

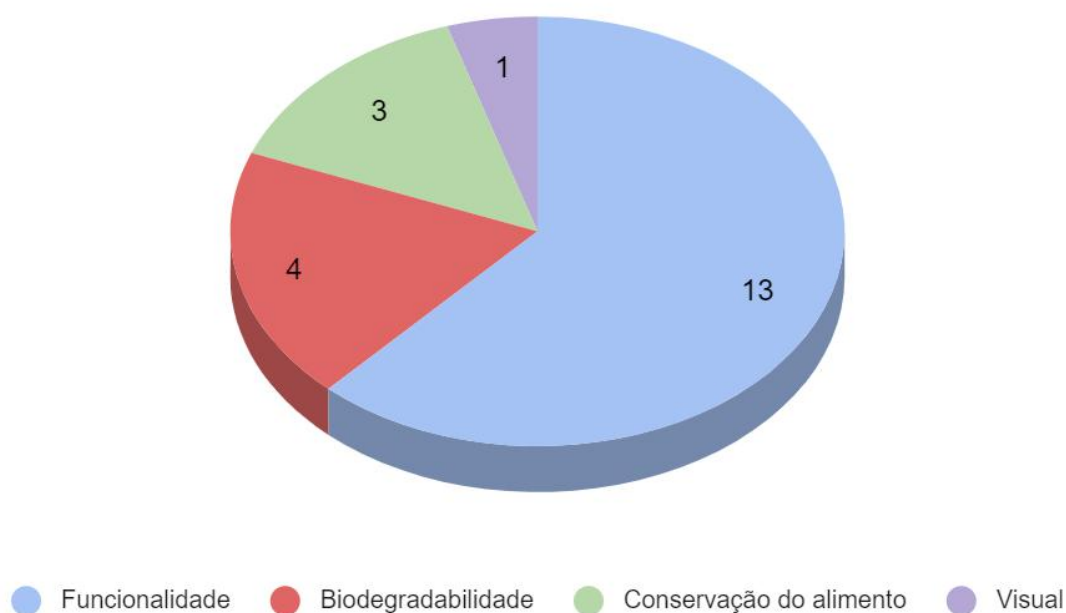


Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 27 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Para as patentes concedidas, o subgrupo "Biodegradabilidade" ficou em segundo lugar, juntamente com as propriedades "Físico-química", com três patentes cada.

Para a taxonomia "Performance", a seleção de patentes não foi feita de forma excludente e o *ranking* entre os subgrupos desta taxonomia indica a categoria "Funcionalidade" em primeiro lugar com 13 patentes concedidas, seguido de "Biodegradabilidade" com quatro patentes concedidas, "Conservação do alimento" com três patentes concedidas e "Visual" com uma patente concedida (Figura 28).

Figura 28: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso "Performance".



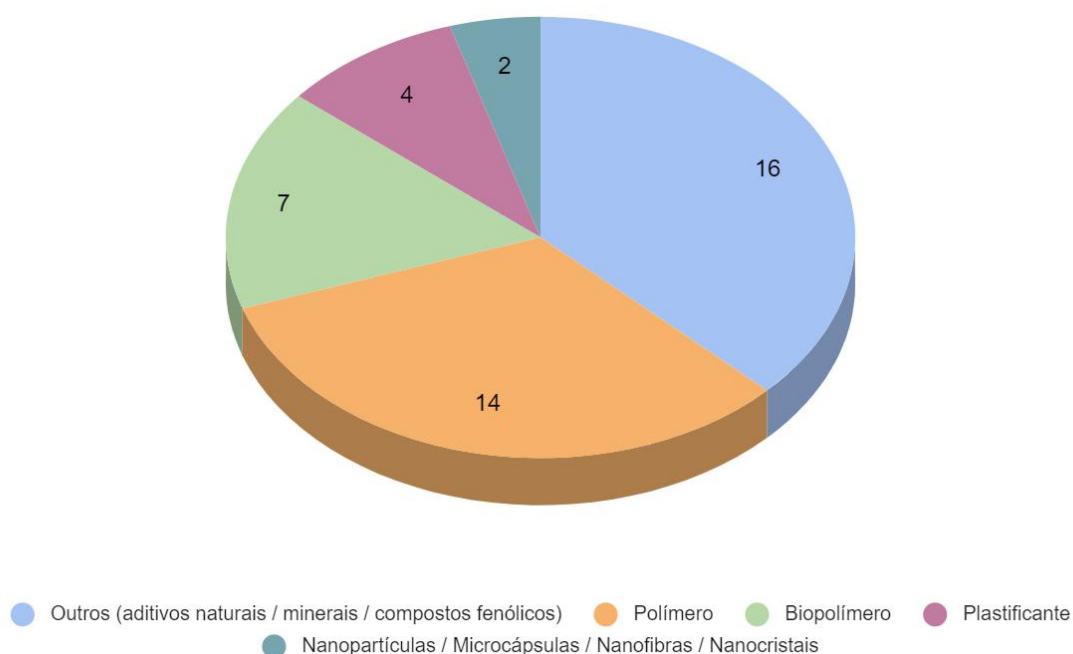
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 27 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

Como descrito no tópico 4.2.2, a categoria de funcionalidade diz respeito à melhora na *performance* física e mecânica da embalagem, características essenciais para garantir a usabilidade do produto. Diante do resultado obtido na análise Micro para as patentes concedidas da taxonomia "Performance" (Figura 28), é notório que há uma busca maior pelo aperfeiçoamento das características básicas de uma embalagem que contém PLA, quando comparado à melhora de características de embalagens bem estabelecidas (que é o caso das embalagens convencionais) que a tornam mais atraentes e competitivas, como biodegradabilidade, aumento do tempo de conservação do alimento e seu aspecto visual.

Na Figura 29, pode-se observar que os subgrupos "Outros" e "Polímeros" se destacam com 16 e 14 patentes cada, respectivamente. Assim como foi discutido na análise Micro dessa taxonomia para artigos, os polímeros além de melhorarem as propriedades do PLA, apresentam vantagens econômicas, o que pode explicar seu número expressivo em patentes, pois por serem publicadas principalmente por

empresas, as mesmas precisam se preocupar com o custo de sua produção para serem competitivas no mercado.

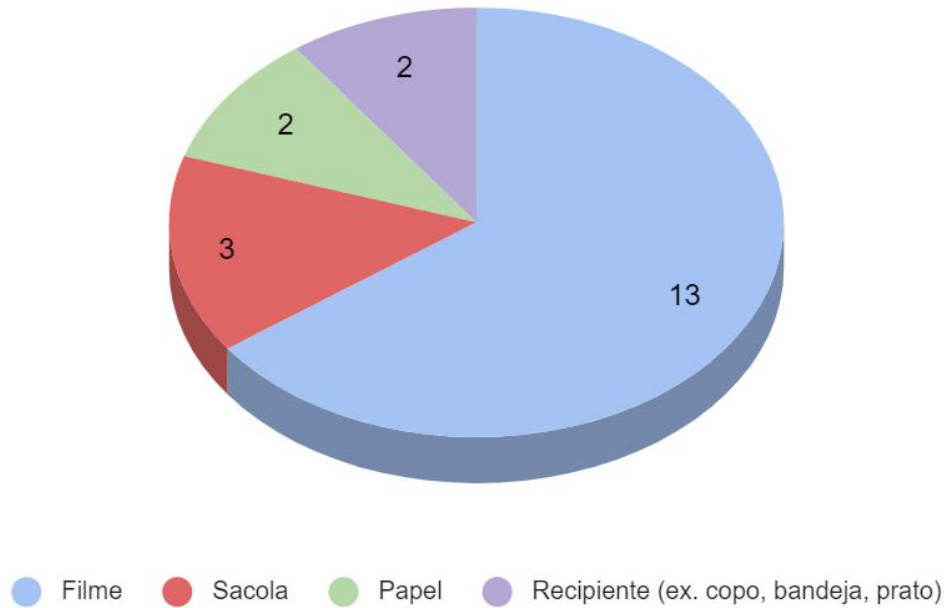
Figura 29: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso "Composição".



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 27 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

A última análise é referente à forma na qual a patente referencia o uso do PLA (Figura 30). Assim como para os artigos, a forma de filme também foi a mais encontrada para as patentes concedidas, com 13 documentos selecionados. A sacola é o segundo subgrupo mais citado para ambos os tipos de patentes, com três patentes concedidas. Os subgrupos "Papel" e "Recipientes" aparecem com duas patentes concedidas cada.

Figura 30: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso "Forma".



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 27 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

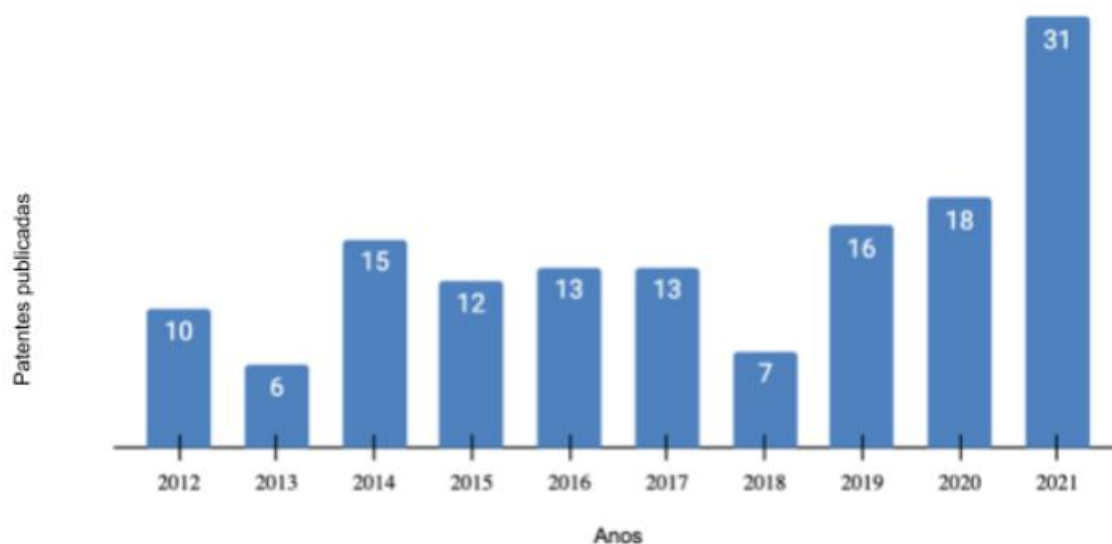
### 5.1.3 Análise de Patentes Solicitadas

#### 5.1.3.1 Análise Macro

O primeiro gráfico obtido foi a Série Histórica de patentes concedidas que contém as palavras "PLA", "Food" e "Packaging" ao longo dos últimos 10 anos (Figura 31).



Figura 31: Série histórica de patentes apenas publicadas nos últimos dez anos para “PLA food packaging”.

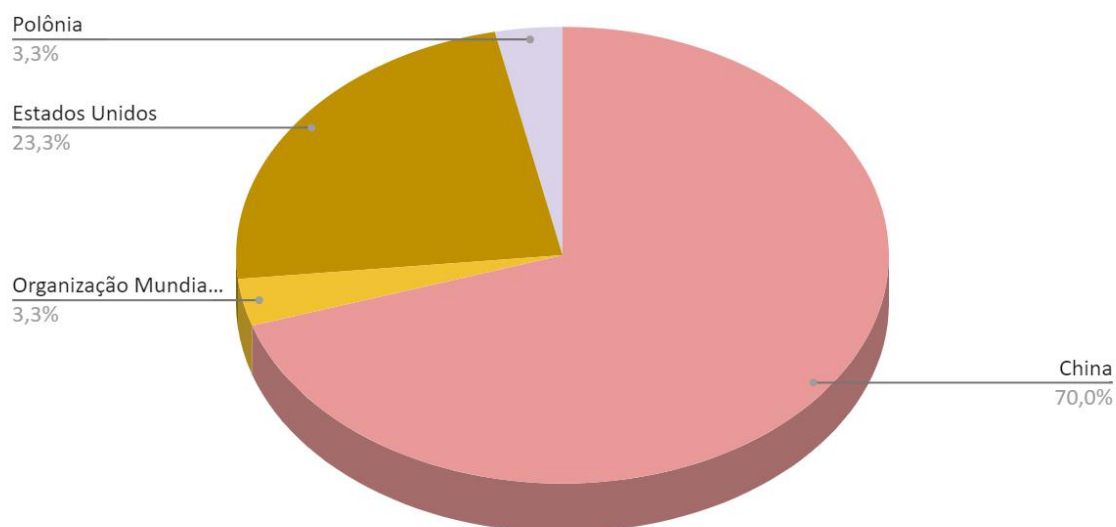


Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*®. Período de busca: 2012 - 2021)

A partir do gráfico obtido (Figura 31), é difícil observar uma tendência clara. De 2012 a 2018, o número de patentes solicitadas apresentou uma média de 10 a 11 patentes por ano, com destaque para 2014, com 15 patentes concedidas. Quando analisados os três últimos anos das patentes solicitadas, o gráfico apresenta um crescimento, com 31 patentes depositadas em 2021.

Para a análise Macro, é válido verificar também os países de origem dos titulares das patentes depositadas. Para isso, a Figura 32 foi elaborada:

Figura 32: Países dos titulares das patentes depositadas e públicas selecionadas para “PLA food packaging”.

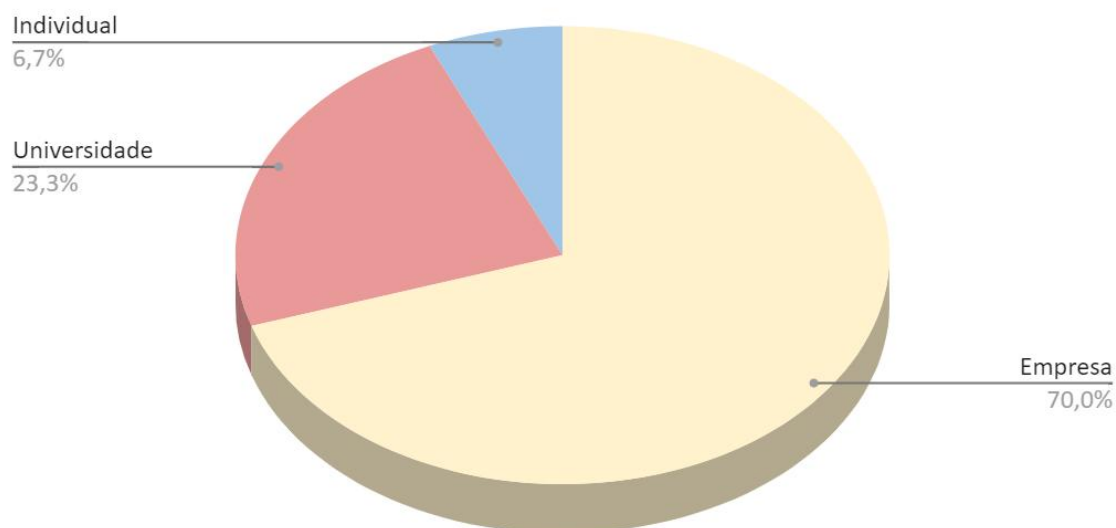


Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Para patentes depositadas (Figura 32), a China mantém a liderança de países detentores de patentes com um percentual de 70,0%. Os Estados Unidos aparecem em segundo lugar, enquanto não há manifestação do Brasil entre as patentes selecionadas.

A última análise Macro realizada levou em consideração as instituições das patentes solicitadas ao longo dos últimos 10 anos. A Figura 33, que representa os titulares de patentes depositadas nos últimos 10 anos, foi dividida em "Empresa", "Universidade" e "Individual". O depósito de patentes é dominado pelas empresas, o que demonstra um maior interesse das mesmas em desenvolver novas tecnologias focadas na aplicação do PLA nas embalagens de alimentos.

Figura 33: Tipos de titulares das patentes depositadas e públicas selecionadas para “PLA food packaging”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

Na Tabela 5, é possível observar quantas patentes foram solicitadas por diferentes empresas. Diferentemente da análise feita para as patentes concedidas, para as patentes solicitadas é possível observar que a empresa chinesa *Huhtamaki Molded Fiber Tech Bv [NI]* apresentou quatro patentes solicitadas, seguida da empresa *Chongqing Hetai Runjia Co Ltd* também chinesa com duas patentes solicitadas. Esse resultado é coerente com o resultado apresentado pela Figura 32, no qual a China domina o mercado de patentes depositadas com 70%. O restante das patentes depositadas está dividido entre 16 depositantes do tipo "Empresa" com uma patente cada.

Tabela 5: Empresas titulares de patentes depositadas com o assunto “PLA *food packaging*”.

<b>Depositante (titular)</b>	<b>Perfil do depositante</b>	<b>Patentes depositadas</b>
Huhtamaki Molded Fiber Tech Bv [NI]	Moldes de fibra	4
Chongqing Hetai Runjia Co Ltd	Materiais descartáveis medicina	2
Spc Sunflower Plastic Compound GmbH [De]	Química	1
Multipack Spolka Z Ograniczona Odpowiedzialnoscia Spolka Komandytowa [PI]	Embalagem	1
Guangdong Lixiangjia Environmental Protection Tech Co Ltd	Proteção ambiental	1
Shanghai Hiend Polyurethane Inc	Química	1
Wuhan Yingguang Packing Co Ltd	Embalagem	1
Shenzhen Dingtong New Material Tech Co Ltd	Materiais	1
Nantong Chuangtong Commodity Co Ltd	Commodities	1
Shenzhen Dingtong New Materials Tech Co Ltd	Materiais	1
Yinjinda Shanghai New Mat Co Ltd	Materiais	1
Fujian Yibaili Package Mat Co Ltd	Embalagem	1
Shantou Leishi Plasticizing Tech Co Ltd	Plásticos	1
Anhui Songtai Packaging Mat Co Ltd	Embalagem	1

Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 5: Empresas titulares de patentes depositadas com o assunto "PLA food packaging".

<b>Depositante (titular)</b>	<b>Perfil do depositante</b>	<b>Patentes depositadas</b>
Hangzhou Zhengqibo Network Tech Co Ltd	Tecnologia	1
Silbo Sp Z O O [PI]	Embalagem	1
Changzhou Longjun Skypurl Environment Protection Tech Co Ltd	Proteção ambiental	1
Qinhuangdao Longjun Environmental Prot Industry Development Co Ltd	Proteção ambiental	1

Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Foi possível observar que algumas Universidades também apareceram com patentes solicitadas com o assunto "PLA Food Packaging" (Tabela 6).

Tabela 6: Universidades ou Centros de Pesquisa titulares das patentes depositadas com o assunto "PLA food packaging"

<b>Depositante (titular)</b>	<b>Patentes depositadas</b>
Univ Kingston [Ca]	1
Univ Zhongkai Agri & Eng	1
Univ Tianjin Science & Tech	1
Univ Bohai	1
Univ Hangzhou Normal	1
Univ Shanghai Ocean	1
Univ Zhejiang Sience & Technology	1

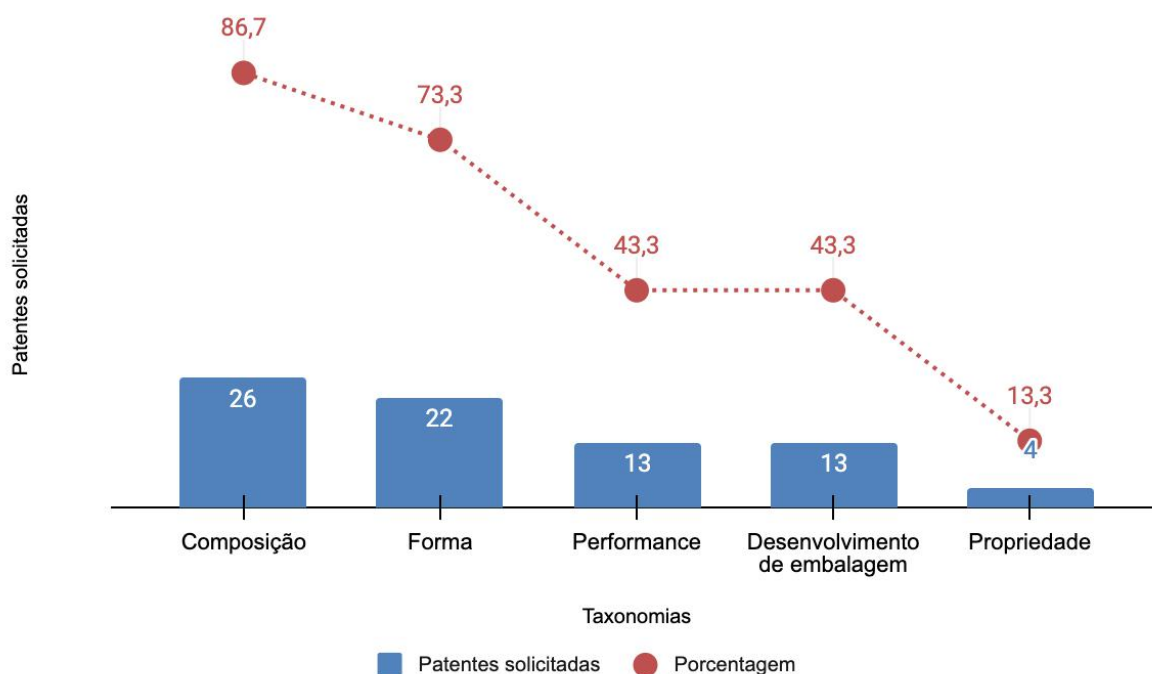
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

No caso das patentes depositadas, não foi observado parceria de empresas com universidades e todas as patentes depositadas por universidades representam depósito único.

### 5.1.3.2 Análise Meso

Na Figura 34, 26 das 30 patentes também mencionaram outros materiais além do PLA no estudo. Vale ressaltar que as taxonomias "Composição" e "Forma" foram selecionadas de forma concomitante para a maioria dos artigos.

Figura 34: Distribuição das 30 patentes depositadas sobre embalagens contendo PLA em taxonomias Meso (quantidade nominal e porcentagem).



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

A taxonomia "Forma" apareceu em cerca de 74% para patentes solicitadas. Já a taxonomia "Performance" esteve presente em 43,3% das patentes solicitadas, o que em números equivale a 13 das 30 patentes selecionadas para a análise. Como as

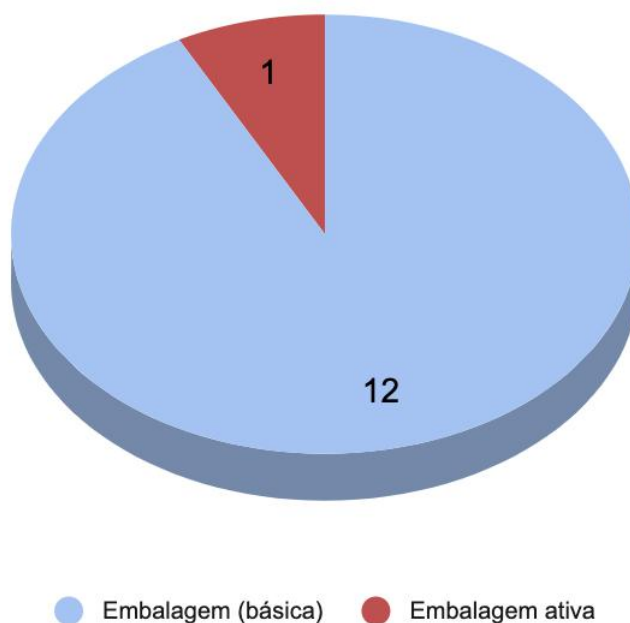
patentes estão ligadas à inovação tecnológica e aplicação dessa tecnologia, há coerência no fato de que a taxonomia "*Performance*" esteja mais presente nos gráficos das patentes, uma vez que buscam melhorar aspectos de desempenho da embalagem, seja quanto a sua funcionalidade ou características visuais.

A taxonomia de "Desenvolvimento de embalagem" também obteve destaque, com 13 patentes em um amostral de 30 patentes solicitadas, enquanto a taxonomia de "Propriedades" apresentou apenas quatro patentes. Ao comparar a porcentagem de patentes que apresentaram taxonomia "Propriedades" com a porcentagem de artigos selecionados para essa mesma taxonomia, é possível observar que para os artigos, esse número é muito superior quando comparado com as patentes. Isso demonstra que o estudo prévio das propriedades do material antes da sua aplicação como embalagem está mais presente no âmbito acadêmico, uma vez as Universidades são as instituições que mais publicam artigos, conforme Figura 14.

#### 5.1.3.3 Análise Micro

A Figura 35 é referente aos resultados obtidos para a análise Micro da taxonomia "Desenvolvimento de embalagem" das patentes solicitadas.

Figura 35: Distribuição de patentes depositadas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso "Desenvolvimento de embalagem".



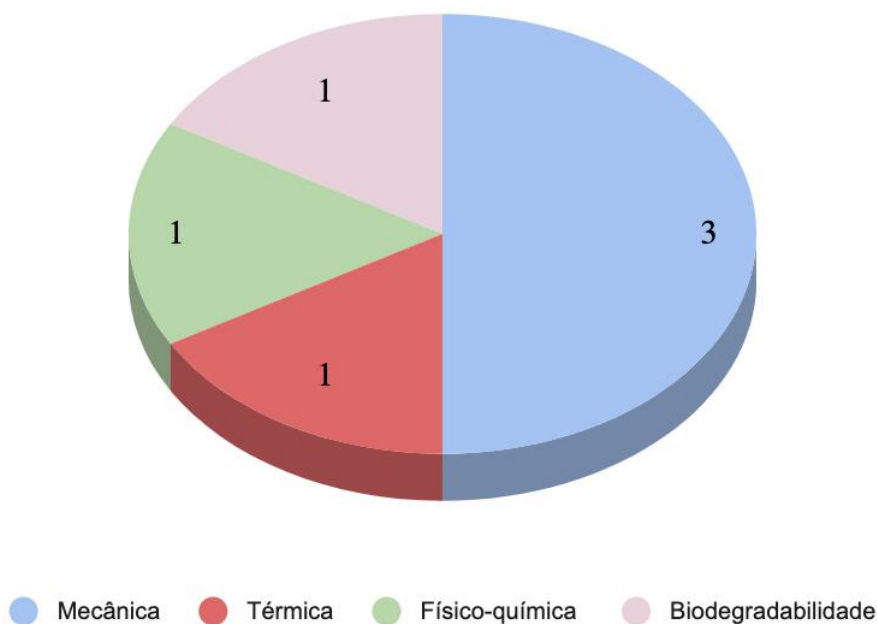
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

As patentes solicitadas apresentaram um total de 13 patentes com foco no desenvolvimento de embalagens, com 12 patentes sobre desenvolvimento de embalagem básica e uma referente à embalagem ativa. Pela análise do gráfico da taxonomia "Desenvolvimento de embalagem" para patentes depositadas (Figura 35), é possível observar que o desenvolvimento de embalagens com características básicas se encontra em um cenário de crescimento quando comparada às patentes que já foram concedidas, visto que seu número é quatro vezes maior do que o registrado até o momento de patentes concedidas (Figura 26).

Para a análise Micro da taxonomia "Propriedades", a quantidade de patentes depositadas selecionadas para essa taxonomia foi baixa, com destaque maior para propriedade mecânica do biopolímero (Figura 36). Vale ressaltar que para a taxonomia "Propriedades", uma mesma patente podia ser selecionada para diferentes subgrupos. O número de patentes nos subgrupos "Térmica", "Biodegradabilidade" e "Físico-química" foram iguais, com apenas 1 patente cada.



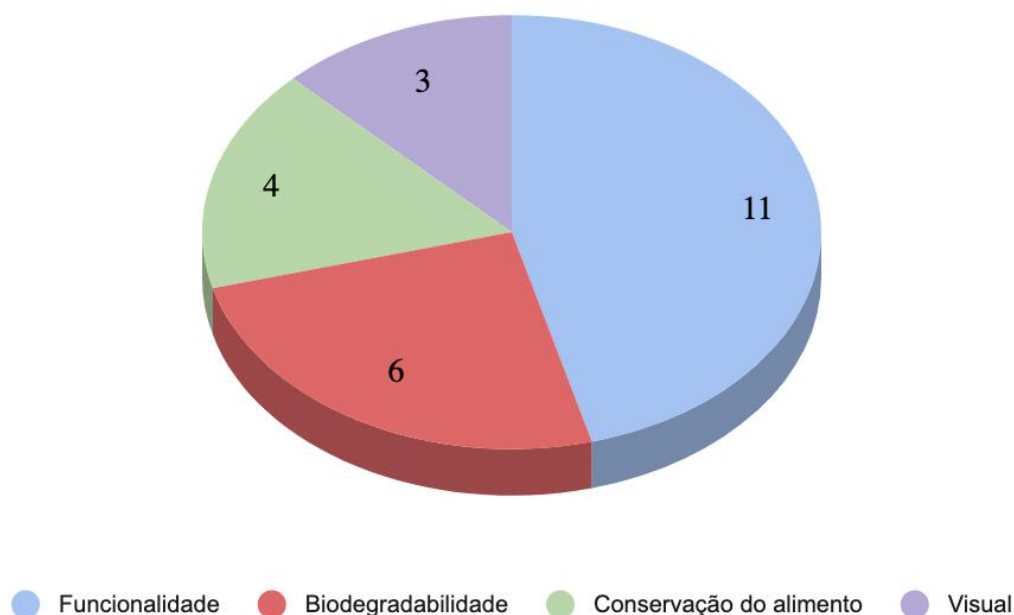
Figura 36: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso "Propriedades".



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Para a taxonomia "*Performance*", o *ranking* de patentes solicitadas indica a categoria "Funcionalidade" em primeiro lugar, seguido de "Biodegradabilidade", "Conservação do alimento" e "Visual" (Figura 37). Para "Funcionalidade", foram obtidas 11 patentes solicitadas. A funcionalidade diz respeito à melhora do propósito de uma embalagem, seja quanto a sua função de proteger o alimento ou sua usabilidade.

Figura 37: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso "Performance".



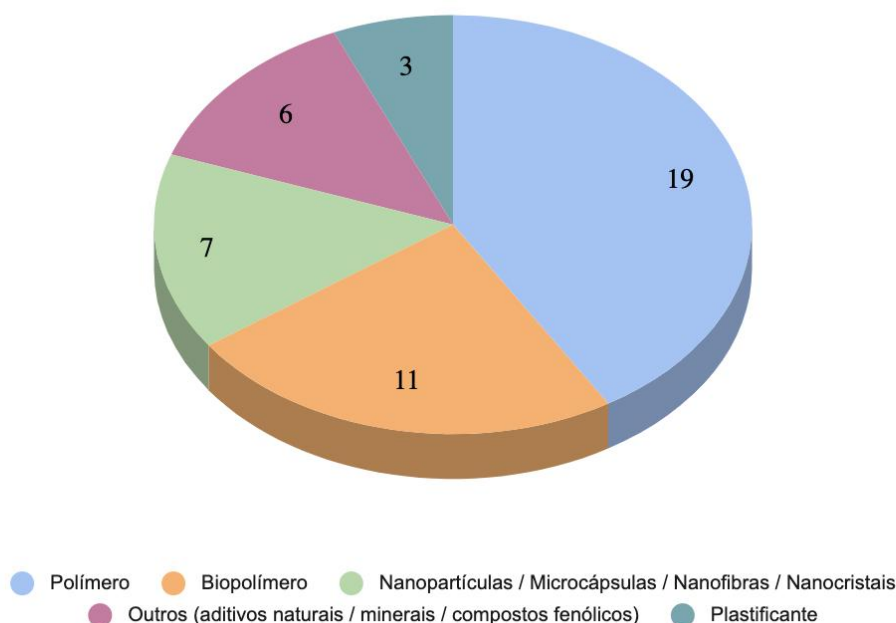
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

A categoria "Biodegradabilidade", que ficou em segundo lugar, abrange seis patentes solicitadas. Este investimento das empresas em melhorar a *performance* de degradação de suas embalagens pode ser relacionado à crescente demanda do mercado por produtos mais sustentáveis. Cada vez mais há uma maior preocupação com o meio ambiente e os danos que o consumismo e descarte desenfreado de materiais de uso único, como a maioria das embalagens de alimentos causam (OLIVEIRA; BORGES, 2020). Além da demanda dos consumidores, é possível também observar novas políticas ambientais que incentivam a busca por materiais biodegradáveis.

Para a análise da taxonomia "Composição" (Figura 38) é possível observar que o número de patentes solicitadas que cita a formação de blendas ou compósitos com polímeros de origem fóssil é de 19 patentes. Esse número é superior ao número de patentes que citam o uso de biopolímeros, com 11 patentes. A mistura do PLA com outros polímeros, independente da sua origem, é uma estratégia para melhorar suas

propriedades e seus custos, que ainda são maiores se comparado com polímero de origem fóssil (OLIVEIRA; BORGES, 2020).

Figura 38: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso “Composição”.

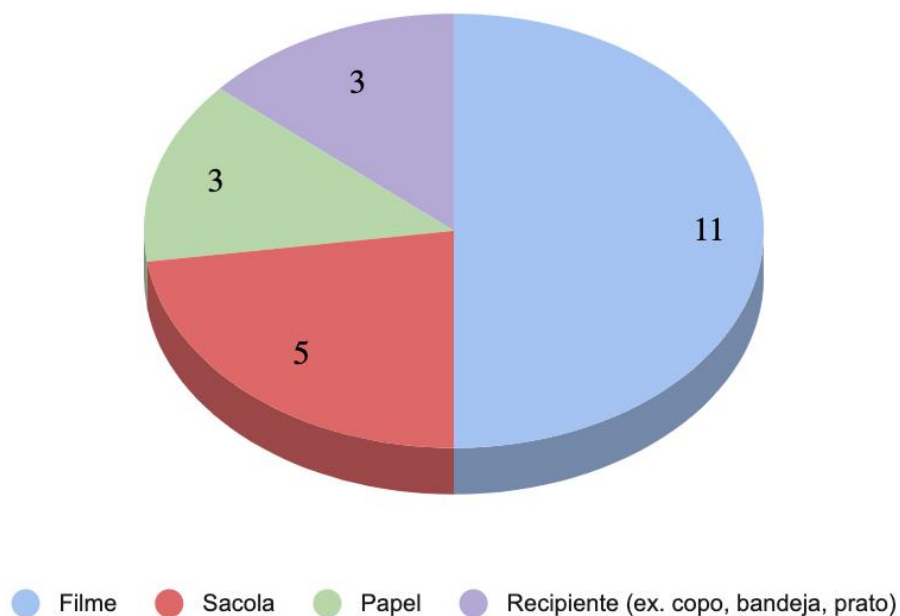


Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

Além disso, é possível observar também o uso de nanopartículas, microcápsulas, nanofibras e nanocristais, que são o terceiro subgrupo mais citado entre as patentes, com sete patentes selecionadas. Em seguida, os subgrupos “Outros”, que englobam aditivos naturais, mineiras e compostos fenólicos e “Plastificantes” são mencionados em seis e três patentes, respectivamente.

A última análise é referente à forma na qual a patente discute o PLA (Figura 39). Assim como para os artigos e patentes concedidas, a forma de filme foi a mais encontrada entre as patentes depositadas, com 11 patentes. A sacola é o segundo subgrupo mais citado com cinco patentes. Os subgrupos "Papel" e "Recipientes" aparecem com três patentes cada.

Figura 39: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo PLA selecionadas com a taxonomia Meso “Forma”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

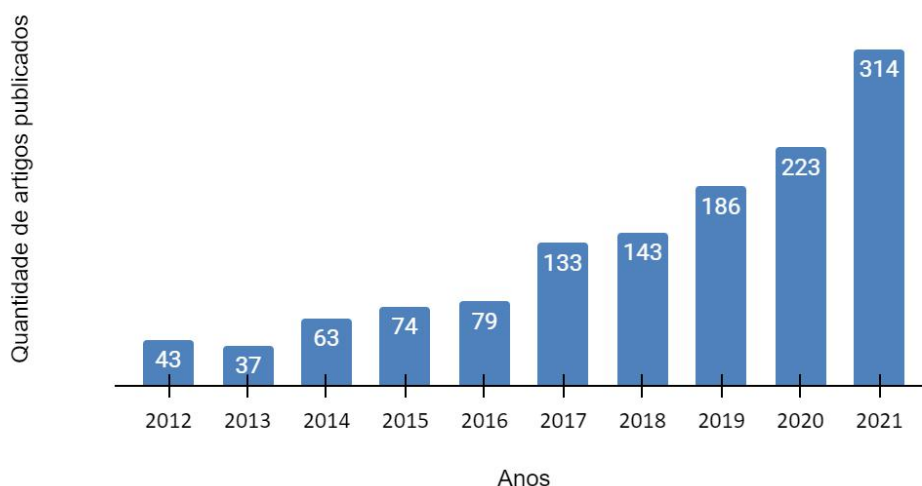
Apesar de ainda pequeno o número de patentes que apresentaram o uso do PLA para além da forma filme, é um ponto a se atentar para as novas possibilidades de aplicação desse biopolímero.

## 5.2 MAPEAMENTO TECNOLÓGICO DE EMBALAGENS CONTENDO AMIDO

### 5.2.1 Análise de Artigos

#### 5.2.1.1 Análise Macro

A análise Macro a seguir foi feita com os artigos científicos e foi iniciada pela avaliação da série histórica.

Figura 40: Série histórica de artigos publicados nos últimos dez anos para “*starch food packaging*”

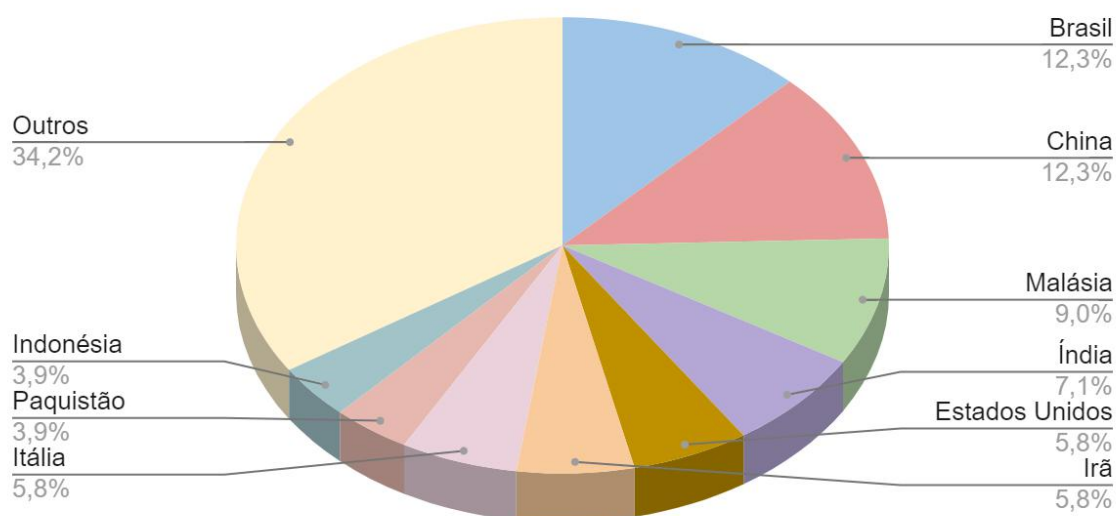
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® considerando período de busca: 2012 - 2021).

A partir da análise da Figura 40 verifica-se que alguns anos se destacam com relação ao crescimento do número de publicações ano a ano. O primeiro aumento considerável ocorreu entre 2016 e 2017, com 54 artigos publicados a mais em 2017 comparando com 2016. O próximo aumento de destaque acontece entre 2019 e 2020, com 37 artigos a mais em 2020 comparando com 2019. Em seguida, com mais de 80 artigos publicados em 2021 comparando com 2020, o período entre os anos 2020 e 2021 é apontado, então, como o período em que houve maior crescimento no número de publicações de artigos.

Com base neste cenário, cabe a análise de crescimento no interesse acadêmico em publicações de artigos científicos relacionados ao tema em questão, principalmente nos dois últimos anos, o que indica o progresso dos estudos sobre as embalagens biodegradáveis contendo amido.

O próximo passo para a análise Macro é a análise de países, feita com os 100 artigos científicos mais recentes, sendo o gráfico com os resultados indicados na Figura 41:

Figura 41: Países das organizações responsáveis pela publicação dos artigos selecionados para “*starch food packaging*”.



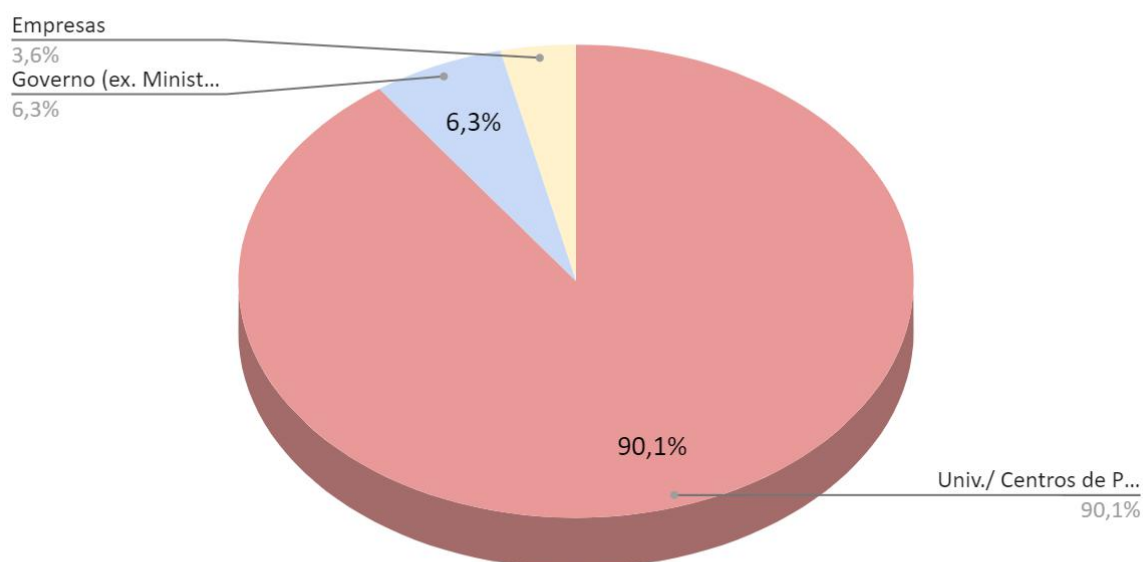
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® considerando período de busca: 2012 - 2021).

É válido ressaltar que, para a Figura 41, alguns artigos foram publicados pela associação de organizações de países diferentes e, assim, tanto países com publicações individuais quanto países de publicações em conjunto foram contabilizados. Além disso, em “Outros” figuram países que possuem de um a cinco artigos publicados dentre os 100 selecionados e foram agrupados assim para melhor visualização dos resultados.

Com base na Figura 41, se verifica que para os 100 artigos selecionados Brasil e China se destacam como os dois países com maior participação (ambos com 12,3%) seguidos pela Malásia com 9,0%. Além disso, tanto países desenvolvidos quanto em desenvolvimento aparecem entre os nove primeiros, sendo o top três liderado por países deste último grupo. Tal apontamento indica que, no ramo de publicações acadêmicas e para o estudo teórico voltados para embalagens biodegradáveis contendo amido, alguns países em desenvolvimento ganham destaque e parecem interessados em desenvolver os estudos para tal tema.

Para finalizar a análise Macro, as instituições dos 100 artigos foram analisadas. Para a Figura 42, 100% deles foram publicados por universidades ao redor do mundo (publicações individuais ou em conjunto com outros tipos de afiliações como empresas, por exemplo), mostrando a ampla presença do tema no meio acadêmico. Alguns dos artigos também tiveram a participação de instituições governamentais (6,3%) como Ministério da Educação chinês, por exemplo, e de empresas (3,6%). É válido ressaltar ainda que para a Figura 42, “Universidades/Centros de pesquisa” participam de 90,1% do gráfico uma vez que as instituições não são excludentes e o total considerado não seria 100 artigos (não sendo possível, então, ocupar 100% do gráfico).

Figura 42: Tipos de instituições dos artigos selecionados para “*starch food packaging*”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® considerando período de busca: 2012 - 2021).

Com relação às Universidades ou Centros de Pesquisa que publicaram os artigos, a Tabela 7 indica cada um deles para melhor identificação dos *players* e nessa são consideradas as instituições e a quantidade de artigos publicados, seja

individualmente ou com outras Universidades ou empresas. Com este auxílio, é possível verificar que a Universidade *Universiti Putra Malaysia* se destaca com a participação em sete artigos sobre o tema e, mesmo a Malásia sendo o terceiro país com mais publicações, a Universidade em questão foi a líder com mais publicações sobre o tema. Um outro exemplo de afiliação representativa do país que merece atenção é a *Universiti Malaysia Terengganu* que, com a publicação de quatro artigos, destaca-se dentre as 10 afiliações com mais publicações.

Além disso, é válido ressaltar a grande e variada participação das Universidades brasileiras. A Universidade de São Paulo (USP) é a segunda Universidade com mais publicações de artigos (cinco artigos) considerando todas as instituições, o que demonstra uma participação significativa do Brasil, assim como foi visto na seção da análise Macro com países. Se destacam ainda a Universidade do Estado de São Paulo (UNESP), a Universidade do Estado de Londrina (UEL) e a Universidade de Campinas (UNICAMP), que ainda ocupam lugares entre as 10 Universidades com maior número de artigos publicados, cada uma delas publicando três artigos sobre embalagens contendo amido para alimentos. É clara a grande participação das Universidades da região Sudeste e principalmente das Universidades paulistas que, sendo Centros de Pesquisa reconhecidos, indicam o interesse crescente para o tema em questão no país.



Tabela 7: Artigos sobre embalagens contendo amido publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Universiti Putra Malaysia	7	Northwest A&F University	1	UCSI University	1
Universidade de São Paulo	5	Kazan Federal University	1	Hefei University of Technology	1
Islamic Azad University	4	University Sains Malaysia	1	Anhui Institute of Agro-Products Intensive Processing Technology	1
Universiti Malaysia Terengganu	4	National Pingtung University of Science and Technology	1	Federal University of Rio Grande (FURG)	1
King Saud University	4	Universitas Airlangga	1	Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)	1
Univ. do Estado de São Paulo	3	Tarbiat Modares University	1	Istituto Italiano di Tecnologia	1
University of Londrina	3	Chalmers University of Technology	1	Universidad de Buenos Aires	1
University of Campinas (UNICAMP)	3	Universitas Sebelas Maret (UNS)	1	Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources	1
South China University of Technology	2	Universitas Padjadjaran	1	Shahrekord University of Medical Sciences	1

Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 100 mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 7: Artigos sobre embalagens contendo amido publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Kasetsart University	2	University of Guelph	1	Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul (UFRGS)	1
Jiangnan University	2	Kongu Engineering College	1	Universidad Nacional Autónoma de México	1
University Malaysia Perlis	2	University of Belgrade	1	Universidad Sur	1
National University of Science and Technology	2	Athlone Institute of Technology	1	Indian Institute of Technology Guwahati	1
University of Engineering and Technology	2	Al-Azhar University	1	VCSG Uttarakhand University of Horticulture and Forestry	1
Jilin University	2	University of Peradeniya	1	Teagasc Food Research Centre	1
Indian Institute of Technology Roorkee	2	California Polytechnic State University	1	Universidade da Coruña	1
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano e Goias Federal University (UFG)	2	University of Sri Jayewardenep ura	1	Institut Für Verbundwerkst offe GmbH	1

Fonte: Elaboração própria (base de dados Scopus® 100 mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 7: Artigos sobre embalagens contendo amido publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Universidade Estadual do Centro-Oeste	2	Wayamba University of Sri Lanka	1	University Clinical Hospital	1
Universidade Tecnológica Federal do Paraná	2	Université de Bretagne-Sud (UBS)	1	University of Jiroft	1
Universidad Nacional de Colombia	2	Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)	1	National Textile University	1
ICAR-Central Instit. for Res. on Cotton Tech. North Carolina State University	2	Dr. B. R. Ambedkar Nat. Inst. of Tech.	1	University of Kerala	1
Qingdao Agricultural University	2	Kurukshetra University	1	M G University	1
Clemson University	2	Federal Institute of Education, Science and Technology of Santa Catarina (IFSC)	1	Kottayam e Mahatma Gandhi University	1
EMBRAPA	1	University of Planalto Catarinense (UNIPLAC)	1	University of Jequitinhonha and Mucuri	1
Universidade Federal Rural do Semi-Arido	1	Michigan State University	1	Universidade Federal do Ceará	1
Cranfield University	1	Wuhan Polytechnic University	1	Universidade Federal de São João del-Rei	1
		Harvard University	1	Yangzhou University	1

Fonte: Elaboração própria (base de dados Scopus® 100 mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 7: Artigos sobre embalagens contendo amido publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Institut Teknologi Sepuluh Nopember	1	Nanyang Technological University	1	Zanjan University of Medical Sciences	1
National University of Singapore	1	Connecticut Agricultural Experiment Station	1	University of Zanjan	1
Karakorum International University	1	Nanyang Environment and Water Research Institute	1	Tabriz University of Medical Sciences	1
China-Singapore International Joint Research Institute Zhejiang Ocean University	1	Beltsville Agricultural Research Center	1	Huizhou University	1
Royal Institute of Technology	1	Ababa Science and Technology University	1	University of Management & Technology	1
University of Bergen	1	Arba Minch University	1	Seoul National University Princess Nurah bint Abdulrahman University	1
University of Agriculture in Krakow Jerzy Haber Institute of Catalysis and Surface Chemistry	1	Vellore Institute of Technology	1	University of Education Lahore	1
		Wolkite University	1	Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA)	1
		Qilu University of Technology	1		

Fonte: Elaboração própria (base de dados Scopus® 100 mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 7: Artigos sobre embalagens contendo amido publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Universidad de las Islas Baleares	1	Politecnico di Torino	1	Universidad Santiago de Cali	1
Universidad del Tolima	1	Chungnam National University,	1	Nottingham Trent University	1
Universitas Gadjah Mada	1	University Kuala Lumpur	1	NFC Institute of Engineering and Fertilizer Research	1
CINVESTAV- Unidad Mérida	1	Universiti Teknologi Malaysia (UPM)	1	Universitas Sumatera Utara	1
Universidad de Boyacá	1	Universiti Teknologi MARA	1	Shahid Beheshti University of Medical Science	1
Khon Kaen University	1	University of Nottingham Malaysia	1	Hokkaido University	1
Chulalongkorn University	1	University of Toronto	1	Universidad del Quindío	1
Oklahoma State University	1	Federal University of ABC (UFABC)	1	Federal University of Pelotas	1
Academy of Science (Royal Society of Thailand)	1	Thailand Institute of Scientific and Technological Research	1	Federal University of São Carlos	1
Shandong Agricultural University	1	Kagawa University	1	Federal University of Santa Catarina	1

Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 100 mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 7: Artigos sobre embalagens contendo amido publicados por Universidades ou Centros de Pesquisa.

<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>	<b>Universidade / Centro de Pesquisa</b>	<b>Artigos</b>
Sun Yat-Sen University	1	University of Missouri	1	National Institute of Technology Rourkela	1
Prince of Songkla University	1	Hebei Agricultural University	1	Poznań University of Life Sciences	1
China Agricultural University	1	University of Tsukuba	1	Poznań University of Economics and Business	1
National Eng. Research Center for Fruits and Vegetables Processing (China)	1	Federal University of Grande Dourados	1	Punjab Technical University	1
Wuxi University	1	Universitat Politècnica de Catalunya (UPC BarcelonaTech)	1	Centre for Innovative Process Engineering (CENTIV) GmbH	1
Dongguan University of Technology	1	Universitas Sultan Ageng Tirtayasa	1	United Arab Emirates University	1
Gansu Agricultural University	1	Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University	1	University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj	1

Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 100 mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

A Tabela 8 indica as empresas atuantes com seus respectivos setores e a quantidade de artigos publicados. Todas participaram em conjunto com uma Universidade ou um Centro de Pesquisa. Dentre os 100 artigos, apenas quatro tiveram

a participação de empresas, indicando a pequena atuação dessas com relação à publicação de artigos. Com base na Tabela 8, se verifica que duas das quatro empresas são do Setor Alimentício, ou seja, empresas que vendem artigos alimentícios e que buscavam desenvolver embalagens para os seus produtos. Já para as demais, entende-se que são empresas de setores que buscavam participar do desenvolvimento da tecnologia que tinha aplicação no Setor Alimentício.

Tabela 8: Artigos publicados para “*starch food packaging*” por empresas em conjunto com Universidades.

<b>Empresa</b>	<b>Setor</b>	<b>Artigos</b>
Ocean TuniCell AS	Biotecnologia	1
China National Light Industry	Supply	1
Inner Mongolia Horqin Cattle Industry Co. Ltd	Alimentícia	1
Zhucheng Xingmao Corn Developing Co.	Alimentícia	1
Shandong Lurun Food Co. Ltd	Alimentícia	1

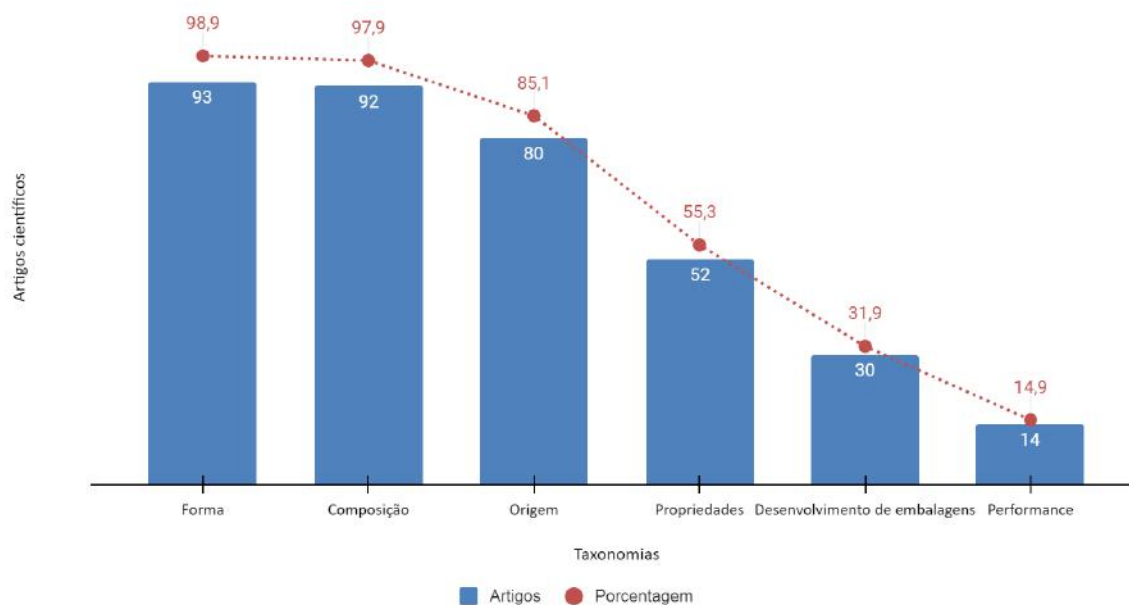
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 100 mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021)

Com a finalização da análise Macro, a análise Meso pode ser feita em seguida para maior detalhamento dos assuntos abordados pela seleção de artigos publicados para embalagens biodegradáveis contendo amido de acordo com as taxonomias.

#### 5.2.1.2 Análise Meso

A análise Meso realizada para os artigos publicados sobre embalagens biodegradáveis contendo amido pode ser visualizada na Figura 43. Cabe ressaltar que essa foi elaborada com base nos artigos que não eram do tipo “*Review*” com foco nas embalagens em questão, totalizando então 94 artigos. Os artigos de “*Review*” serão abordados posteriormente nesta seção.

Figura 43: Distribuição dos artigos científicos sobre embalagens contendo amido em taxonomias Meso (quantidade nominal e porcentagem).



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 94 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

Com base na Figura 43, verifica-se que a taxonomia “Forma” foi a que teve maior destaque dentre as categorias: 93 dentre os 94 artigos selecionados (desconsiderando os de “*Review*”) indicavam explicitamente a forma da embalagem de estudo, ou seja, cerca de 98,9% dos artigos tratava de estudos relacionados ao material já em formato de embalagem e não apenas do material em si, ou da resina base, matérias primas e afins, algo que já demonstra a predominância de estudos sobre a embalagem em si e não em estados anteriores.

Em seguida, a taxonomia “Composição” merece atenção, sendo a segunda com maior número de artigos e representando 92 dos 94 artigos. Também com uma porcentagem considerável, verifica-se que 97,9% dos artigos indicavam que o amido não era o único componente da embalagem ou material de embalagem de estudo, indicando que é predominante, então, o uso de materiais compósitos para o setor em questão. Este resultado se mostra válido visto que para a real obtenção de uma



embalagem ou para o material-base da mesma, o amido em si não seria suficiente para corresponder às exigências mecânicas e estruturais da embalagem, sendo necessário, então, pelo menos o uso de um plastificante (algo que foi considerado como outro composto junto ao amido, por exemplo).

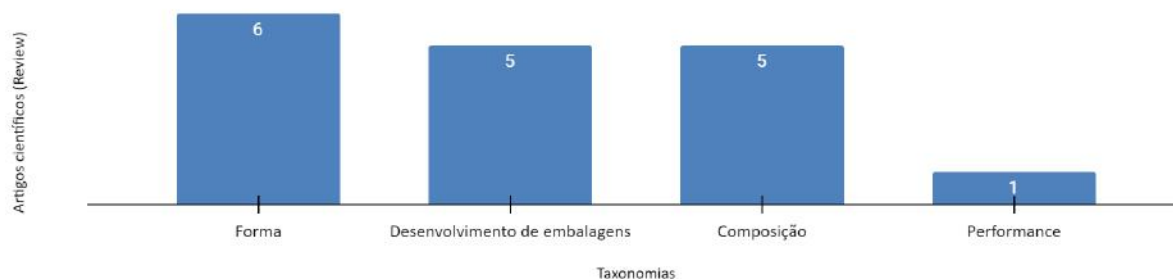
Como terceira taxonomia com maior número de artigos, a categoria “Origem” exclusiva para o biopolímero amido, indica que 80 dos 94 artigos indicava o tipo da origem do amido, de qual vegetal o biopolímero seria extraído. Os demais artigos que não explicitaram tal origem indicavam a marca, por exemplo, do amido adquirido para a pesquisa, sem especificar a sua origem. Tal taxonomia foi importante para analisar a fundo quais as origens e será melhor explorada na seção de análise Micro sobre tal.

Com relação às três últimas taxonomias da Figura 43 “Propriedades”, “Desenvolvimento de embalagem” e “*Performance*”, ao analisar a quantidade nominal de cada uma verifica-se que as mesmas podem ser vistas quase como excludentes, ou seja, um estudo que foi indicado como “Desenvolvimento de embalagem” dificilmente entraria também na taxonomia de “*Performance*” uma vez que está implícita tal análise quando uma embalagem de alimento é desenvolvida, por exemplo. Tal consideração, não é regra e existem dois artigos que foram classificados em duas dessas três categorias.

Mesmo assim, é válido ressaltar que a taxonomia “Propriedades” se destaca com 52 artigos que focam no estudo e caracterização das propriedades físicas, químicas, mecânicas e outras do material ou da embalagem em si, enquanto apenas 30 artigos focam no “Desenvolvimento de embalagem” e 14 artigos na “*Performance*” das embalagens. Tal comparação é válida uma vez que, sendo os artigos um meio de pesquisa e análise com menor investimento em aplicação por empresas, como o mercado de patentes, por exemplo, o resultado indica existir um foco maior na análise das propriedades de embalagens já existentes, em vez de focar na melhoria das mesmas ou no desenvolvimento de novas.

Além dos artigos científicos presentes na Figura 43, a Figura 44 foi elaborada considerando os artigos de “*Review*”:

Figura 44: Distribuição dos artigos *review* sobre embalagens contendo amido em taxonomias Meso (quantidade nominal).



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® artigos *review* selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

Dos 100 artigos selecionados, apenas seis eram artigos de revisão exclusivos de embalagens de alimentos compostas por amido. Desses seis, todos indicam e explicitam as diferentes formas possíveis de embalagem com o biopolímero. Nenhum focava apenas nas “Propriedades” do material ou da embalagem, todavia a maioria abordava o “Desenvolvimento de embalagem” (cinco dos seis artigos) e apenas um abordou o tópico “*Performance*”.

Tal resultado indica a grande atenção para os estudos gerais e revisões de publicações relacionadas ao próprio desenvolvimento de embalagens em si, em como os estudos vêm sendo elaborados para a obtenção de novas embalagens biodegradáveis contendo amido. Além disso, cabe destacar também a taxonomia “Composição” que engloba cinco dos seis artigos e indica a predominância de compósitos no ramo em questão, da mesma forma como foi observado para os demais artigos na avaliação anterior.

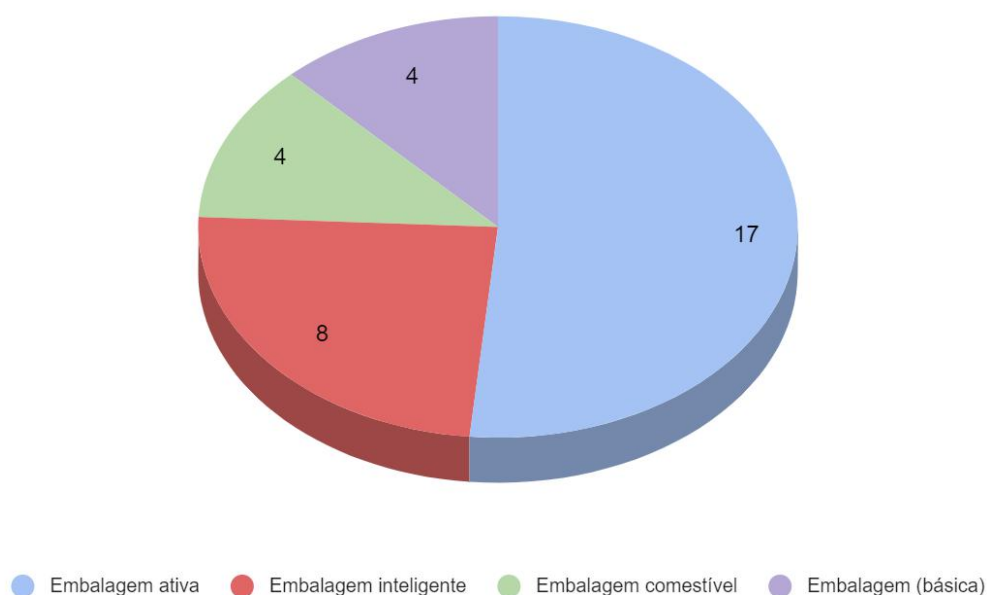
### 5.2.1.3 Análise Micro

A análise Micro do tópico em questão utiliza o grupo dos 94 artigos selecionados para embalagens biodegradáveis de alimento contendo amido (excluindo os artigos *review*). Os gráficos (Figuras 45, 46, 47, 48, 49, 50) indicam a quantidade de artigos publicados para cada uma das taxonomias Micro. Iniciando a análise com as subcategorias da taxonomia Meso “Desenvolvimento de embalagem” se verifica que mesmo tendo selecionado 30 artigos referente a esta categoria Meso, a Figura 45 indica um total de 33 artigos, ou seja, para esta taxonomia Micro foram encontrados artigos (duas publicações) que desenvolveram embalagens inteligentes e ativas, por exemplo, sendo então classificadas em mais de uma taxonomia Micro do mesmo grupo.

É válido ressaltar que as embalagens ativas ganham destaque sendo o foco de 17 dos 30 artigos feitos para desenvolver embalagens. Tal análise demonstra que as embalagens ativas são atualmente o tipo de embalagem cujo desenvolvimento é o mais estudado para embalagens biodegradáveis contendo amido, seguida pelas embalagens inteligentes e depois pelas embalagens comestíveis ou básicas (que cumprem apenas o requisito básico de uma embalagem em conter o alimento, proteger, etc).

Pode-se dizer que tal cenário é coerente com a tendência atual de aprimoramento das embalagens de alimentos, cada vez mais completas e tecnológicas em conjunto com a demanda por materiais com menor impacto ambiental. Como visto, as embalagens cujo foco é apenas o armazenamento não recebem a mesma atenção atualmente em comparação com as embalagens ativas e inteligentes que, além de cumprir os requisitos básicos de uma embalagem de alimento, também melhoram a qualidade do produto e a funcionalidade da embalagem em si.

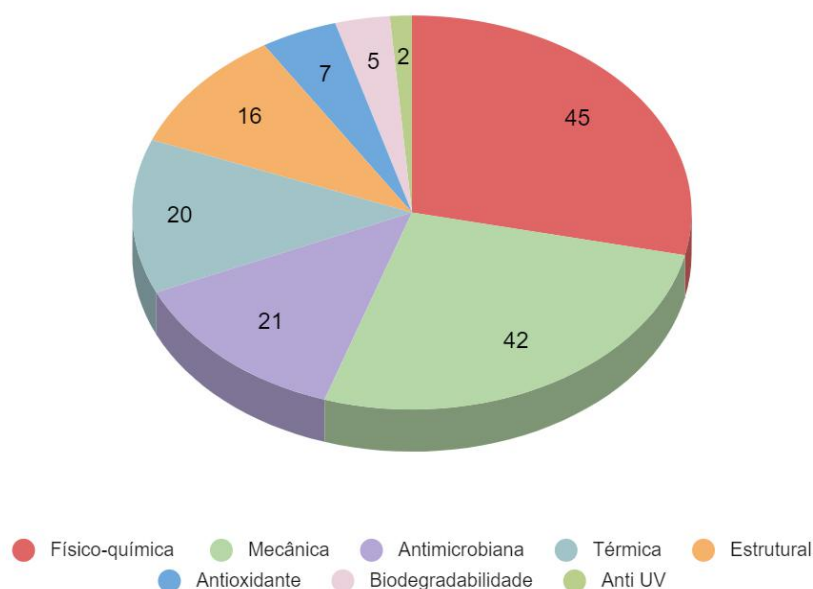
Figura 45: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo amido selecionados com a taxonomia Meso “Desenvolvimento de embalagem”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 94 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

Continuando a análise Micro, a Figura 46 indica que, assim como para a categoria anterior, as taxonomias Micro para “Propriedades” não foram excludentes, tendo até a maioria dos artigos explorado mais de um tipo de propriedades. Dentre as subcategorias, as propriedades físico-químicas dos materiais foi a mais explorada nos artigos, seguida pelas propriedades mecânicas, antimicrobiana e térmica. Em todos esses casos, os artigos selecionados investigavam tais propriedades para o material ou embalagem composto por amido de forma a investigar, caracterizar ou aprimorar, por exemplo.

Figura 46: Distribuição dos artigos selecionados com a taxonomia Meso “Propriedades”.

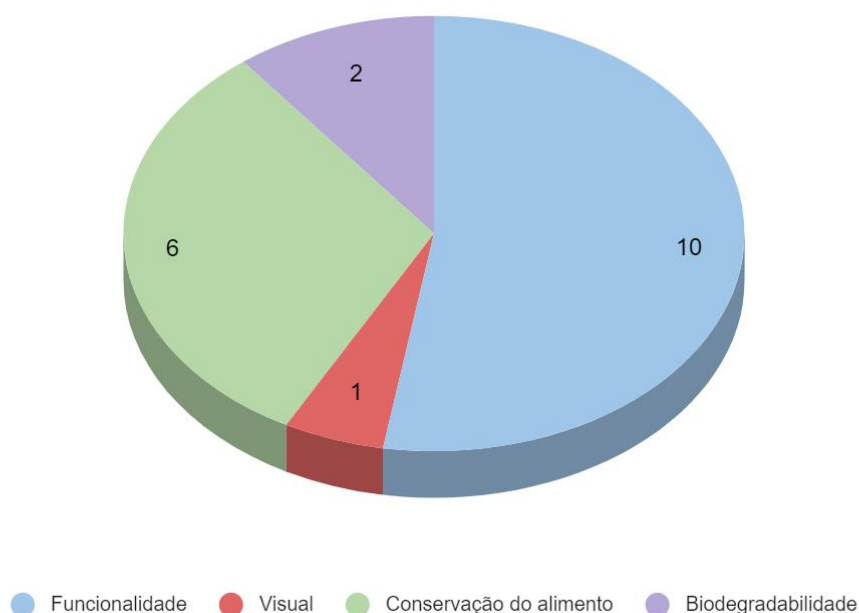


Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 94 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

As duas taxonomias mais mencionadas estão relacionadas ao desempenho do material e, sendo o amido um biopolímero que naturalmente tem as suas limitações físicas, a exploração de propriedades físico-químicas e mecânicas são essenciais para as embalagens feitas com base no biopolímero o que é reflexo do cenário obtido na Figura 46.

Com relação aos artigos da categoria “*Performance*”, a Figura 47 indica que a maioria dos artigos selecionados procurava investigar ou até aprimorar a funcionalidade da embalagem biodegradável com amido. Quesitos relacionados ao uso da embalagem e como melhorar a sua utilização foram o foco principal dos estudos que investigaram a *performance* da embalagem. A conservação do alimento segue como segundo ponto de *performance* mais avaliado, seguido por biodegradabilidade e aspectos visuais.

Figura 47: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo amido selecionados com a taxonomia Meso “Performance”.



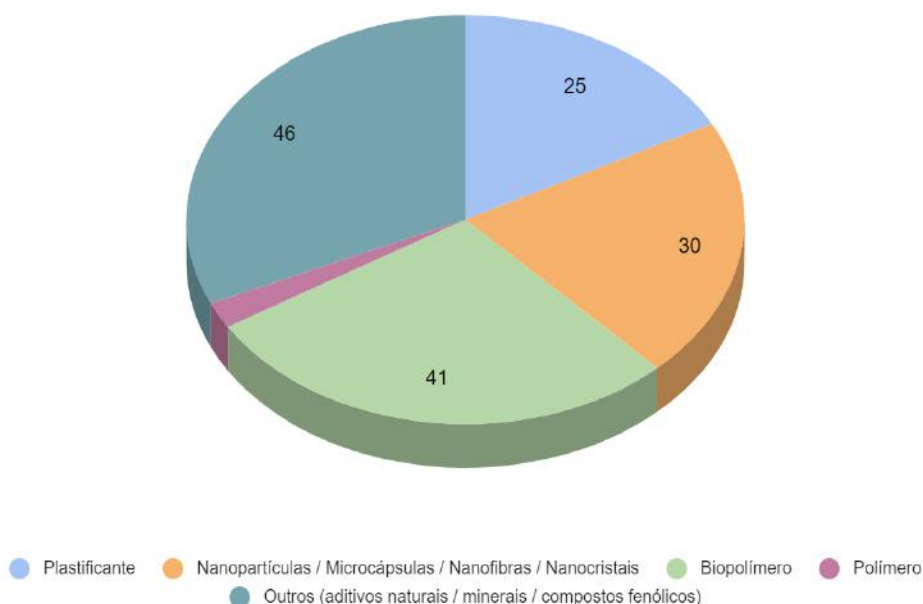
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 94 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

O resultado indicado na Figura 47 evidencia que nem sempre a biodegradabilidade é o foco de melhoria para as embalagens com o biopolímero amido. Mesmo que seja a principal característica da embalagem, a melhora na *performance* biodegradável da embalagem não se destaca tanto e talvez a funcionalidade das embalagens com amido deve ser um ponto que a maioria das embalagens não tenha excelência e que merece atenção para melhor desempenho.

A Figura 48 a seguir indica a divisão dos artigos categorizados em “Composição”. Com este resultado é possível analisar qual tipo de componente que mais é misturado com amido para o desenvolvimento de materiais cuja posterior aplicação será o ramo de embalagens de alimentos. Devido às propriedades físicas do próprio biopolímero, quase sempre o amido está em conjunto com outro material. Neste sentido, a Figura 48 destaca a composição com outros biopolímeros e ainda a

minoria da participação de polímeros de origem fóssil, algo que é compreensível para a preservação e manutenção da biodegradabilidade do material.

Figura 48: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo amido selecionados com a taxonomia Meso “Composição”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 94 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

Além disso, 25 artigos indicaram a relevância de uso dos plastificantes, composto esse que é essencial para a *performance* adequada do amido em questão de maleabilidade, tensão e tantos outros quesitos mecânicos para moldar as embalagens.

Por fim, as taxonomias Micro “Nanopartículas / Microcápsulas / Nanofibras / Nanocristais” e “Outros” destacam-se com 30 e 46 artigos respectivamente, sendo a última a taxonomia Micro com mais artigos da taxonomia Meso “Composição”. Tal cenário é coerente, devido ao destaque do desenvolvimento de embalagens ativas e/ou inteligentes e também à propriedade antimicrobiana verificada na taxonomia Meso “Propriedades”. Estudos já apontam o benefício da inclusão de nanopartículas para o desenvolvimento de embalagens ativas devido a sua atuação antimicrobiana

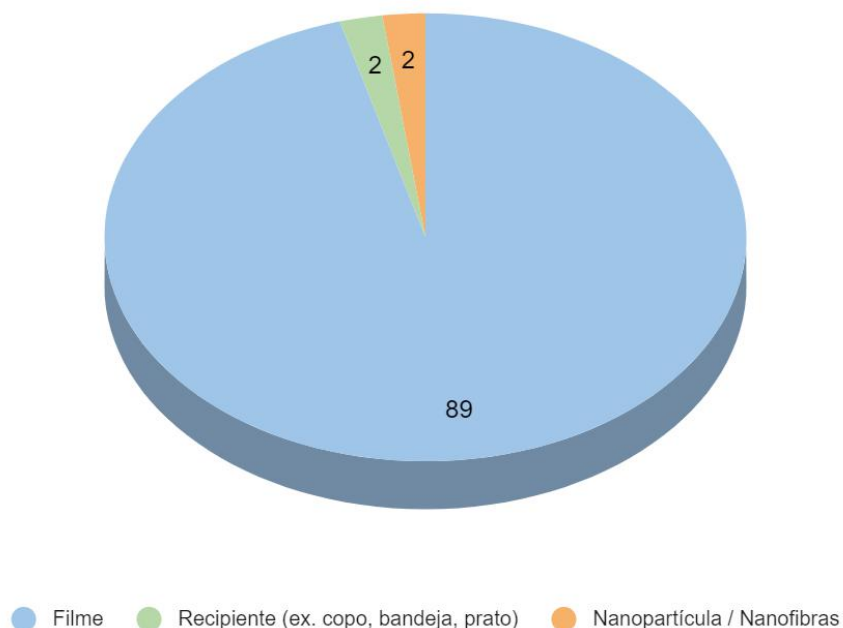
ao ser inserida na composição das embalagens (SANI, M. A. *et al.* 2021) e o resultado em questão reafirma tal cenário de utilização dos compostos.

Além da análise anterior, é igualmente estudado a atuação de compostos naturais e suas funções antimicrobianas. Assim como as nanopartículas, extratos vegetais, aditivos minerais e outros componentes podem ser inseridos na embalagem para melhora de sua *performance* antimicrobiana e obtenção de uma embalagem ativa (PERUMAL, A. B. *et al.* 2021). Sendo assim, a Figura 48 também reafirma a atual exploração de tais compostos ao indicar a predominância do grupo “Outros” com 46 artigos.

A próxima taxonomia Meso a ser subdividida é a “Forma”. Esta indica os artigos cuja forma da embalagem era explícita (ou seja, trabalhos acadêmicos que falavam apenas sobre o material, polímero, compósitos e suas propriedades sem a referência à embalagem já em forma não entraram em tal divisão). Analisando as taxonomias Micro (Figura 49), verifica-se que a maioria dos artigos (89 nos 94 artigos) indicavam falar sobre filmes biodegradáveis para alimentos. Tal resultado indica a predominância deste tipo de embalagem e, por ser maleável, variedade de uso e pelo amido (considerando a atuação de agentes plastificantes) conseguir se adequar para a formação de filmes semelhantes aos filmes plásticos, é mais usual o seu desenvolvimento.



Figura 49: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo amido selecionados com a taxonomia Meso “Forma”.



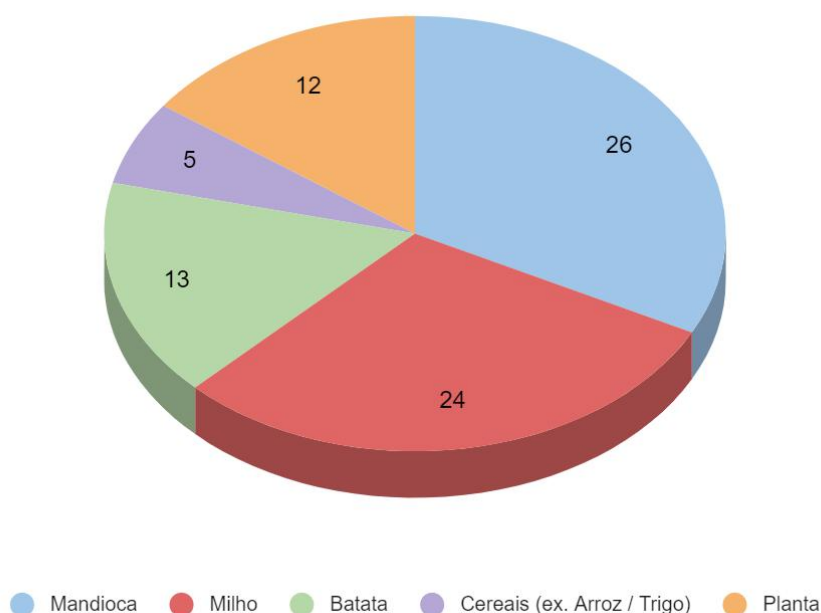
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 94 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

Além disso, cabe ressaltar ainda que foram encontrados dois artigos que estudavam embalagens mais rígidas que um filme, que atuariam como recipientes, algo que indica um outro tipo de aplicação do amido e outros dois artigos que não tinham o amido como matriz principal, mas sim como nanopartículas/nanofibras que entrariam na composição da embalagem biodegradável. Este último caso também indica um tipo de aplicação do biopolímero mas agora de forma mais secundária, não sendo o amido o componente da matriz principal para a embalagem biodegradável.

Por fim, a taxonomia Meso “Origem” pôde então ser melhor detalhada e cumprir o seu papel de evidenciar qual tipo de fonte vegetal é a mais comum para o amido que foi utilizado para as embalagens biodegradáveis indicadas nos artigos. Com base na Figura 50, se verifica que o cenário é variado de matérias primas, com a predominância do amido de mandioca (26 artigos), seguido pelo milho (24 artigos). Além disso, 13 artigos chegaram a utilizar o amido extraído de batatas, 12 artigos utilizaram outros tipos de plantas em si e apenas cinco artigos exploraram o amido

derivado de cereais. Visto que a composição do amido final é a mesma, a variedade indica apenas a utilidade de determinadas fontes vegetais. Verifica-se que mandioca e milho são os mais comuns, o que pode ser devido à disponibilidade dos mesmos por suas grandes áreas de cultivo.

Figura 50: Distribuição dos artigos sobre embalagens contendo amido selecionados com a taxonomia Meso "Origem".

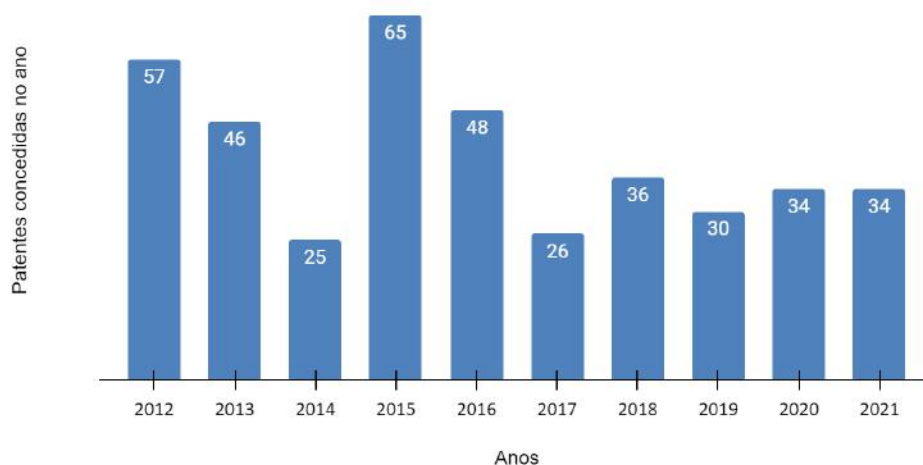


Fonte: Elaboração própria (base de dados *Scopus*® 94 artigos mais recentes selecionados considerando período de busca: 2012 - 2021).

## 5.2.2 Análise de Patentes Concedidas

### 5.2.2.1 Análise Macro

Inicialmente, a série histórica foi elaborada e consta na Figura 51:

Figura 51: Série histórica de patentes concedidas nos últimos dez anos para “*starch food packaging*”

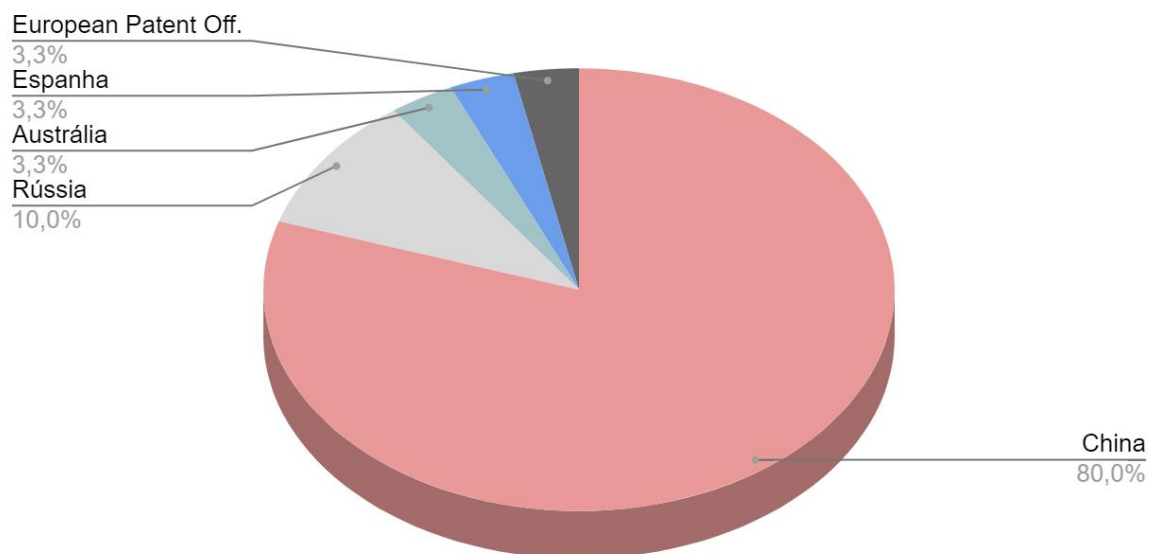
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando período de busca: 2012 - 2021).

Analisando a Figura 51, é observado que diferentemente do cenário obtido para os artigos científicos, por exemplo, as patentes concedidas não apresentaram panorama de crescimento ao longo dos anos. Apenas entre 2014 e 2015 houve um aumento de 40 patentes concedidas e esse é apontado como o maior crescimento nos últimos dez anos. Entre 2017 e 2018, existe também um crescimento (dez patentes concedidas a mais em 2018 comparando com 2017) e entre 2019 e 2020 é observado que nesse último quatro patentes a mais foram concedidas comparando com 2019.

Considerando estes três episódios como os únicos períodos em que houve um aumento no número de patentes concedidas para as embalagens biodegradáveis contendo amido, o cenário não mostra ser tão favorável quanto o observado com os artigos científicos. Além disso, pode-se dizer que nos últimos três anos a quantidade de patentes concedidas manteve-se constante indicando certa estabilidade no mercado de patentes para o tema em questão.

A próxima análise feita corresponde aos países dos titulares das patentes concedidas selecionadas, cujo resultado encontra-se na Figura 52:

Figura 52: Países dos titulares das patentes concedidas selecionadas para “*starch food packaging*”.



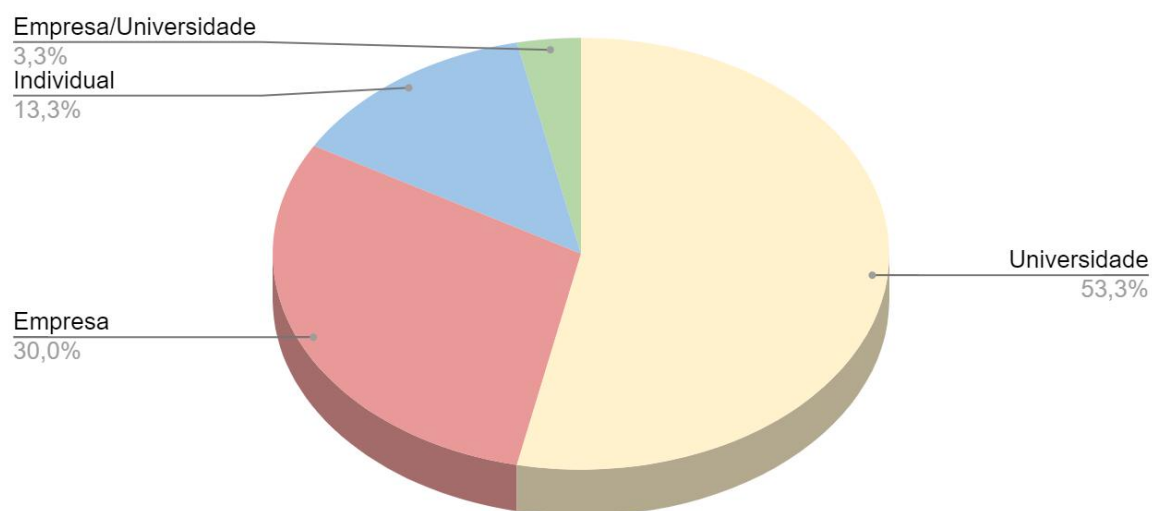
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

A partir da Figura 52, é nítida a liderança chinesa com relação às patentes concedidas na área de embalagens em questão, país esse que também foi apontado como líder na publicação de artigos científicos. Esta presença repetida da China já aponta o país como um ator importante para os estudos realizados acerca das embalagens biodegradáveis. Além disso, países desenvolvidos como a Espanha, Austrália e a organização europeia *European Patent Office* (EPO) que não constavam em predominância para artigos científicos e hoje são apontados no gráfico com as 30 patentes concedidas selecionadas, indicam o aparecimento de novos *players* quando o foco se torna o mercado de patentes.

Com relação aos países em desenvolvimento, é válido notar a presença da Rússia que aparece logo após a China e que não apareceu em destaque para os artigos científicos, sendo apontado também como um novo *player*. Ademais, a ausência do Brasil na Figura 52 é um ponto a se destacar uma vez que, enquanto o país lidera a publicação de artigos sobre o tema, a aplicação e desenvolvimento de patentes com a tecnologia não é verificada.

Em seguida, foi feita a análise de instituições dos titulares para as 30 patentes concedidas selecionadas e o resultado consta na Figura 53:

Figura 53: Tipos de titulares das patentes concedidas selecionadas para “*starch food packaging*”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

A partir da Figura 53, se verifica que, diferentemente dos artigos científicos, as Universidades não são as instituições de predominância, estando o cenário dividido entre Universidades, empresas, titulares individuais e associações entre empresas e Universidades. Para o mercado das patentes concedidas, as empresas aparecem com certa significância: cerca de 30% dos titulares são empresas, porcentagem atrás apenas das Universidades que englobam 53,3% das patentes concedidas. Tal fato já demonstra a introdução de empresas como *player* importante em um cenário de curto prazo, uma vez que se trata das patentes concedidas. Esta mudança é compreensível devido ao interesse e busca das empresas pela aplicação direta da tecnologia pelas patentes ser mais efetiva do que com os artigos científicos, por exemplo, que podem focar mais na teoria relacionada à tecnologia.

A partir dos dados da Tabela 9, é possível verificar que a Universidade chinesa *University South China Tech* se destaca com a titularidade de quatro das 30 patentes concedidas, indicando o seu domínio em cerca de 13% das patentes. Além disso, dos

quatro primeiros depositantes, além da Universidade mencionada anteriormente, outras duas universidades chinesas (*University Shandong Agricultural* e *Qilu University of Technology*) representam o país e, juntas, as três representam 30% da titularidade das patentes concedidas.

Tabela 9: Universidades ou Centros de Pesquisa titulares das patentes concedidas com o assunto “*starch food packaging*”.

<b>Depositante (titular)</b>	<b>Patentes concedidas</b>
Univ South China Tech	4
Univ Shandong Agricultural	3
Federal State Budgetary Establishment of Higher Education Moscow	2
Univ Qilu Technology	2
Univ Shanghai Jiaotong	1
Univ Hainan	1
Univ Huazhong Agricultural	1
Univ Jiangnan	1
Univ Jilin	1
Univ Tianjin Agricultural	1

Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

Cabe apontar também que, para o cenário indicado na Tabela 9 e comparando com as Universidades que publicaram os artigos científicos (Tabela 7) a participação das Universidades brasileiras como titulares de patentes não é observada, lembrando que essas se destacaram entre as 10 universidades com mais publicações para artigos.

Com relação às empresas (Tabela 10), verifica-se que não houve mais de uma publicação por *player*, contudo 12 das 30 patentes concedidas possuem como titular empresas sendo a maioria do Setor de Embalagens e, em segundo lugar, do ramo de Biotecnologia. É interessante verificar que, em oposição às empresas atuantes na

publicação de artigos, o Setor Alimentício predominante para artigos não aparece para as patentes concedidas, ficando então a titularidade da tecnologia mais com as empresas cujo foco é o desenvolvimento da embalagem em si.

Tabela 10: Empresas titulares de patentes concedidas com o assunto “*starch food packaging*” por empresas.

<b>Depositante (titular)</b>	<b>Perfil do depositante</b>	<b>Patentes concedidas</b>
Zhejiang Shijin Packaging Co Ltd	Embalagem	1
Changsha Rouzhi New Materials Tech Co Ltd	Embalagem	1
Taixing Dongsheng Bio Tech Co Ltd	Biotecnologia	1
Jiangsu Donghui Biological Tech Co Lt	Biotecnologia	1
Shanghai Dongzhihui Biotechnology Co Ltd	Biotecnologia	1
Shanghai Tangke New Package Mat Co Ltd	Embalagem	1
Ulim Tableware Products Dongguan Co Ltd	Louças/Recipientes de armazenamento alimentício	1
Gold Fiber Europe S L	Bens não duráveis	1
Biotech Limited Property Company	Biotecnologia	1
Suzhou Puzhong Plastic Co Ltd	Materiais	1
Coffee Service Sp Z O O [PI]	Embalagem	1
Hefei Long Fa Packaging Co Ltd	Embalagem	1

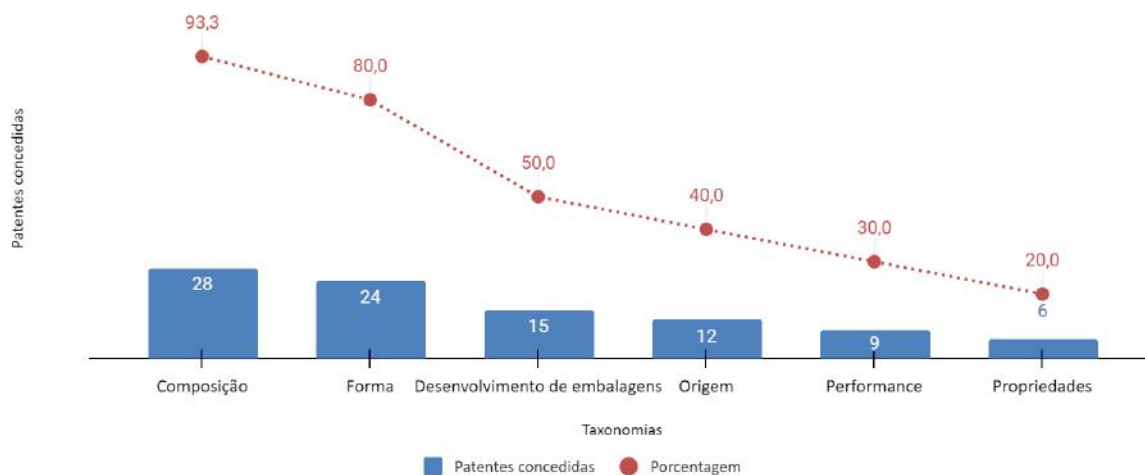
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

Com a finalização da análise Macro, a análise Meso pode ser feita em seguida para maior detalhamento dos assuntos abordados pela seleção de patentes concedidas para embalagens biodegradáveis contendo amido de acordo com as taxonomias.

### 5.2.2.2 Análise Meso

A análise Meso realizada para as patentes concedidas selecionadas e sobre embalagens biodegradáveis contendo amido pode ser visualizada na Figura 54.

Figura 54: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido em taxonomias Meso (quantidade nominal e porcentagem).



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

A partir da Figura 54, se verifica que para patentes concedidas a taxonomia “Composição” é líder tendo 28 patentes das 30 patentes selecionadas. Assim como foi observado para os artigos científicos, mais de 90% das patentes indicavam a mistura do amido com outros compostos para a elaboração ou análise do material ou embalagem biodegradável. Tal predominância reafirma a aplicação do biopolímero com outro componente e dos compósitos que vêm sendo estudados. Verifica-se que,



não só para o meio acadêmico de pesquisa, mas também o mercado que busca aplicar e desenvolver a tecnologia, os compósitos com amido ganham destaque.

Após “Composição”, a taxonomia “Forma” merece atenção sendo a segunda mais selecionada para a categorização e representando 80% das patentes concedidas. Mesmo que não tenha sido uma categoria líder como para os artigos científicos, a predominância de “Forma” indica que para o mercado de patentes também existe o interesse em especificar a configuração do material utilizado como embalagem para alimentos o que representa a preferência nas patentes feita já acerca do material em formato de uso.

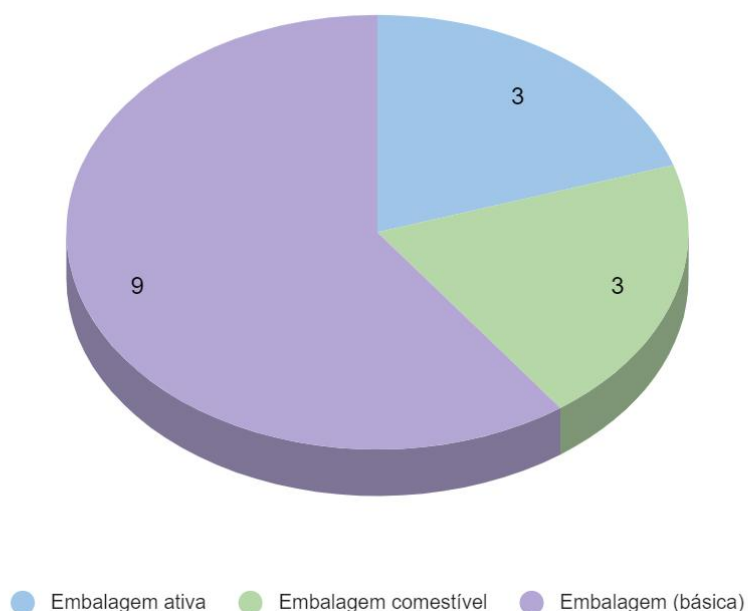
Cabe ressaltar também que, sendo a terceira taxonomia com maior número de patentes concedidas, “Desenvolvimento de embalagem”, que abrange 50% das patentes concedidas, destaca-se a frente de “*Performance*” com 30% das patentes concedidas e “Propriedades” com 20% das patentes concedidas. Tal comparação indica que o principal foco das patentes selecionadas foi o próprio desenvolvimento de novas embalagens de alimentos. Tal avaliação não foi verificada para a análise Meso dos artigos (na qual o destaque foi para “Propriedades”) e é válida devido à atuação de *players* como empresas que buscam o desenvolvimento e aplicação de tais embalagens em seus setores e adequação aos novos requerimentos ambientais, sejam eles de consumidores ou legais.

Por fim, a taxonomia “Origem” compreende 40% das patentes concedidas. Tal resultado indica que, diferentemente dos artigos científicos em que a origem do amido foi explicitada na maioria das publicações, percebe-se que nos dados disponíveis sobre as patentes concedidas tal origem não foi mencionada em mesma proporção, deixando implícito a origem vegetal do amido utilizado para o estudo.

### 5.2.2.3 Análise Micro

A análise Micro do tópico em questão utiliza o grupo das 30 patentes concedidas sobre embalagens biodegradáveis de alimento contendo amido. Os gráficos (Figuras 55, 56, 57, 58, 59, 60) indicam a quantidade de patentes concedidas para cada uma das taxonomias Micro. Começando com a taxonomia Meso “Desenvolvimento de embalagem”, a Figura 55 indica as subdivisões Micro para patentes concedidas:

Figura 55: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Desenvolvimento de embalagem”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021)

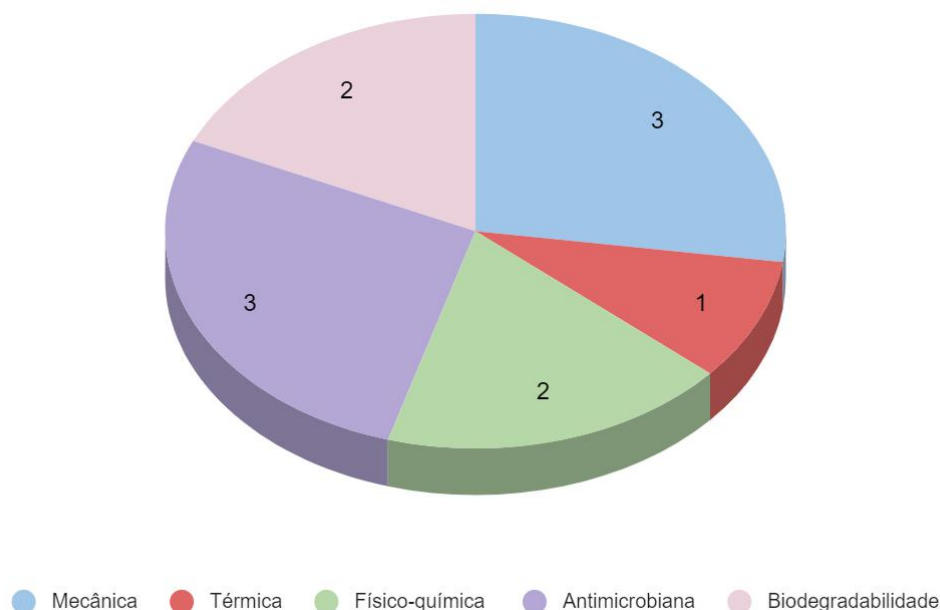
Ao observar a Figura 55 é possível apontar a ausência de embalagens inteligentes para patentes concedidas e a predominância de embalagens básicas também para as mesmas. Com relação ao primeiro apontamento, enquanto que para os artigos as embalagens inteligentes ocupavam o segundo lugar com maior número, para patentes concedidas não há uma patente que desenvolveu uma embalagem

inteligente. Sendo as patentes concedidas importantes para a avaliação a curto prazo do cenário em que se encontra a tecnologia, entende-se que as embalagens inteligentes ainda são suportadas predominantemente pela comunidade científica, teórica, sem muitas aplicações e atenção no mercado de patentes.

Para o segundo apontamento, a liderança das embalagens básicas indica um menor interesse no aprimoramento das embalagens que podem chegar ao nível de ativas ou inteligentes, por exemplo. Com a análise a curto prazo, atualmente o interesse em obter as embalagens biodegradáveis contendo amido nada mais é do que compor os revestimentos básicos de uma embalagem, sem demais incrementos. Cabe então uma análise do médio prazo com as patentes depositadas para verificar se já é possível observar uma transição para as embalagens modificadas como amplamente abordado na análise a longo prazo com os artigos científicos.

A próxima taxonomia Meso a ser subdividida para as patentes concedidas é “Propriedades”, estando o resultado indicado na Figura 56.

Figura 56: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Propriedades”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

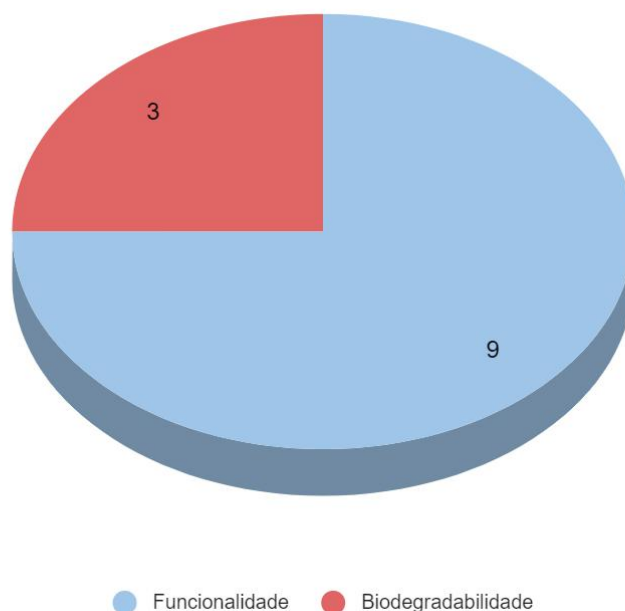
Verifica-se a partir da Figura 56 em comparação com a Figura 46, que “antioxidante”, “anti-UV” e “estrutural” são taxonomias Micro que não aparecem no gráfico de patentes concedidas como para artigos científicos, indicando que tais assuntos não foram explorados para as patentes sobre propriedades da embalagem ou do material.

A propriedade “Mecânica” ganha destaque, indicando que itens como a tensão do material de embalagem, maleabilidade, resistência e outros pontos são os mais explorados para as patentes que tratam do estudo de um material ou desenvolvimento de embalagem. Empatado com esta propriedade, a propriedade antimicrobiana foi identificada em três patentes, podendo indicar que alguns estudos já possuem interesse em avaliar tais propriedades do material e, possivelmente, em prol da melhoria de suas propriedades antimicrobianas e para o desenvolvimento de embalagens ativas/inteligentes.

As três últimas propriedades para as patentes concedidas foram “Físico-química”, “Biodegradabilidade” e “Térmica” com duas, duas e uma patentes respectivamente. Tais propriedades possuem um número menor de menção, mas não tão diferente das duas primeiras. Assim, pode-se observar um cenário bastante equilibrado com relação ao interesse em estudar as propriedades das embalagens biodegradáveis contendo amido.

A próxima análise Micro referente à taxonomia Meso “*Performance*” cujo resultado se encontra na Figura 57:

Figura 57: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “*Performance*”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

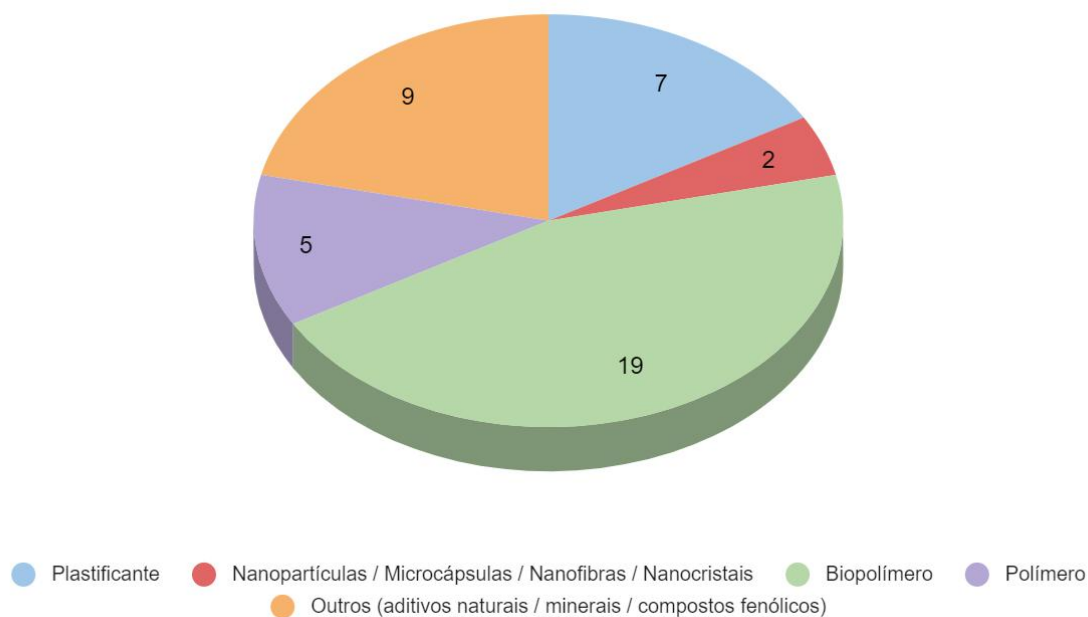
Avaliando a Figura 57 e comparando com o cenário obtido para artigos, as taxonomias Micro “Visual” e “Conservação de alimento” não aparecem. Com relação a essa última, mesmo sendo a segunda categoria com mais artigos de *performance*, não aparecer em patentes indica que o desenvolvimento da tecnologia está pouco focada no aprimoramento da capacidade da embalagem em manter os padrões do

alimento e mais para a sua utilização (“Funcionalidade” abrange nove patentes concedidas). Parâmetros mais gerais de uso, como conter o alimento, seu molde e outros das embalagens são mais explorados a ponto de obter uma embalagem de alimento mais funcional e sem estabelecer a correlação com o aumento de tempo de prateleira em si.

Além disso, outra taxonomia que aparece é a “Biodegradabilidade” indicando que, mesmo em minoria, algumas patentes concedidas também exploram a possibilidade de, na prática, aprimorar a biodegradabilidade do material ou da embalagem.

A análise Micro para as patentes concedidas continua com a taxonomia Meso “Composição” (Figura 58). “Biopolímero” e “Outros” foram as taxonomias com maiores números de patentes, o que também condiz com o cenário observado para artigos com exceção da ordem: enquanto “Outros” é líder para artigos, a taxonomia Micro “Biopolímero” lidera para as patentes concedidas.

Figura 58: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Composição”.



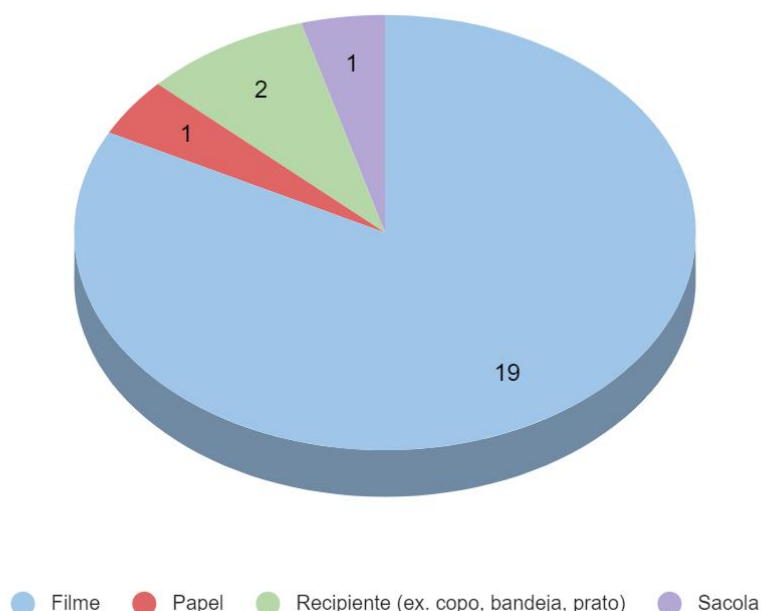
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Assim, com base no perfil observado para patentes, pode-se dizer que a aplicação de outros biopolímeros para as embalagens biodegradáveis contendo amido é predominante e tal a composição poderia melhorar os aspectos funcionais da embalagem (propriedades mecânicas, físico-química, térmica, etc). Todavia, este aprimoramento não é explorado com os aditivos e extratos naturais. Para o caso desse último, o foco seria a melhora na eficiência antimicrobiana como abordado na análise anterior. Mesmo assim, é válida a grande contribuição de tais componentes junto com o amido para compor as embalagens biodegradáveis estudadas.

As demais taxonomias observadas na Figura 58 indicam a participação de polímeros, plastificantes e nanopartículas. O que ainda é válido mencionar é a minoria para nanopartículas que foi observada em artigos entre as três categorias com mais patentes. Assim como os extratos naturais (“Outros”) que são adicionados para composição de embalagens ativas/inteligentes, as nanopartículas são utilizadas para tal finalidade também.

A penúltima análise Micro a ser feita é sobre a “Forma” das embalagens para as patentes concedidas (Figura 59).

Figura 59: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Forma”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

A predominância da forma “Filme” é visível para o grupo de patentes, assim como foi para os artigos. Mais uma vez os resultados afirmam que o tipo mais comum a ser estudado de embalagens biodegradáveis de amido são os filmes. “Recipientes” aparecem novamente sendo a terceira categoria com mais patentes concedidas, indicando também a variação presente no desenvolvimento da tecnologia.

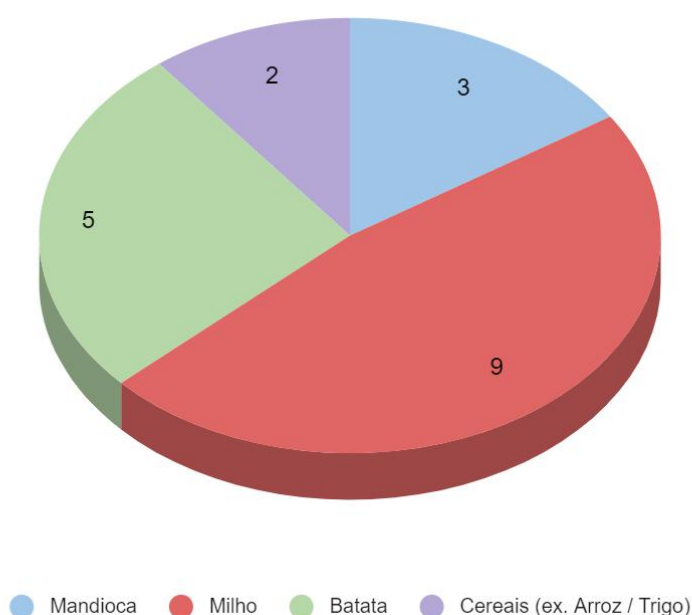
Entretanto, “Papel” e “Sacola” são duas taxonomias Micro que não haviam aparecido nos resultados para artigos. Verifica-se então que, quando se trata da aplicação da tecnologia, outras formas além do filme surgem e, com relação às embalagens biodegradáveis em forma de sacolas, o seu aparecimento para patentes concedidas já indica, a curto prazo, o início da aplicação de um novo tipo de forma



que possa vir a ocupar espaço junto com os filmes biodegradáveis de amido já estabelecidos.

Por fim, a última análise Micro trata da taxonomia Meso “Origem”, exclusiva para as embalagens de amido e indicada na Figura 60.

Figura 60: Distribuição das patentes concedidas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Origem”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Para patentes concedidas o “Milho” é apontado como origem principal para o amido utilizado para compor as embalagens biodegradáveis. Devido ao seu amplo cultivo e disponibilidade, acaba sendo uma fonte favorável de uso para extração do amido. Já o amido de mandioca, que foi líder na análise com artigos, aparece em terceiro lugar para patentes concedidas. Neste caso, o amido extraído de batatas ficou à frente, indicando o uso atual de tal fonte para o desenvolvimento da tecnologia.

No mais, para patentes concedidas a origem “Cereais” apareceu, mas não foram encontradas patentes que especifiquem a fonte de outro tipo de planta (que

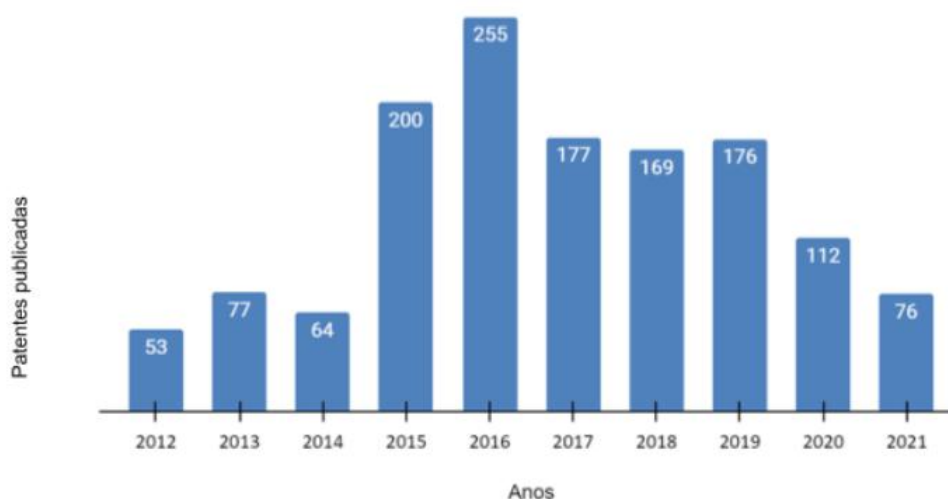
também foi utilizada como taxonomia Micro). Mesmo assim, a presença do tipo de fonte “Cereais” indica a variedade e possibilidade de obtenção do amido para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis.

### 5.2.3 Análise de Patentes Depositadas

#### 5.2.3.1 Análise Macro

Inicialmente, a série histórica foi elaborada e consta na Figura 61:

Figura 61: Série histórica de patentes apenas publicadas nos últimos dez anos para “*starch food packaging*”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando período de busca: 2012 - 2021).

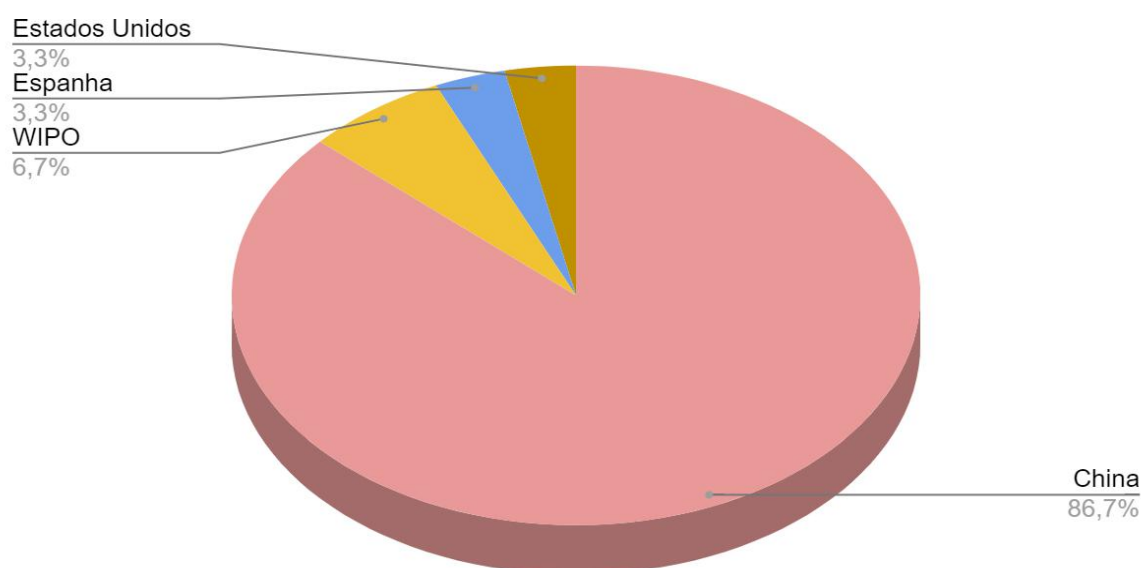
O perfil do gráfico acima indica não haver um processo de crescimento de depósito de patentes assim como foi visto para a publicação de artigos. Verifica-se que em apenas três períodos houve um crescimento no número de patentes depositadas: de 2014 a 2015 se teve a maior diferença, sendo depositado em 2015 200 patentes (mais do que o dobro do que havia sido depositado no ano anterior). Em seguida, de 2015 a 2016, houve um crescimento e em 2016 depositou-se 55 patentes

a mais quando comparado com 2015. Por fim, de 2018 a 2019 é observado um pequeno aumento, sendo depositadas em 2019 sete patentes a mais do que em 2018.

Assim como para patentes concedidas, o cenário para patentes depositadas, a princípio, não demonstra ser tão favorável quanto o dos artigos, tendo episódios isolados de crescimento e, nos demais anos, algumas quedas (como é observado nos últimos três anos: em 2019 foram depositadas 176 patentes e o número decaiu até que em 2021 apenas 76 patentes foram depositadas) ou número de patentes depositadas estável ao longo dos anos.

Em seguida, é válido analisar os países das instituições responsáveis pelas patentes depositadas selecionadas (as 30 mais recentes), como indicado na Figura 62:

Figura 62: Países dos titulares das patentes depositadas selecionadas para “*starch food packaging*”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

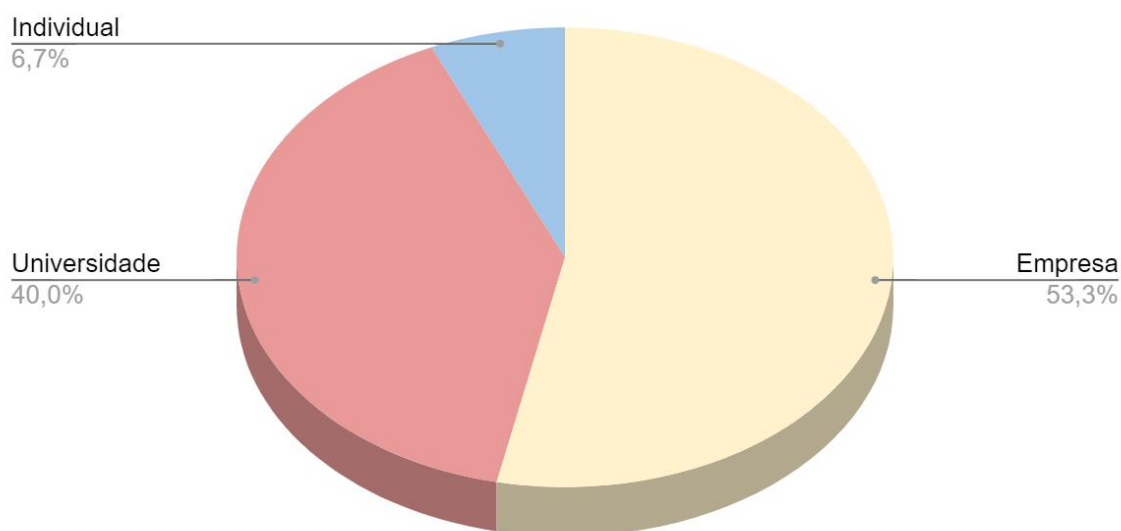
A partir da Figura 62, assim como para patentes concedidas, a China lidera a titularidade das patentes depositadas para embalagens biodegradáveis contendo amido com mais de 80% das patentes e os demais países em destaque são

desenvolvidos (Estados Unidos e Espanha), tendo ainda a participação da *World Intellectual Property Organization* (WIPO).

Nota-se ainda na Figura 62 a semelhante ausência do Brasil como depositante de patentes acerca do assunto, assim como foi indicado para patentes concedidas, e que nenhum país em desenvolvimento observado para a publicação de artigos aparece como depositante. Esta análise é válida ao demonstrar que, a princípio, o mercado de patentes encontra-se com pouca variedade de países em desenvolvimento como *players*, mas com predominância da China tanto para patentes depositadas, quanto para patentes concedidas.

Para finalizar a análise Macro, os tipos de instituições titulares das patentes depositadas selecionadas foram investigados conforme Figura 63:

Figura 63: Instituições dos titulares das patentes depositadas selecionadas para “*starch food packaging*”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Observando-se a Figura 63, as empresas (com 53,3% das patentes depositadas) são destacadas como o tipo de afiliação predominante de patentes depositadas. Tal cenário não foi observado para patentes concedidas, nem para os

artigos publicados acerca de embalagens biodegradáveis contendo amido, o que indica uma mudança no tipo de *player* para as patentes depositadas.

As Universidades ainda possuem uma relevante participação com a titularidade de 40% das patentes, todavia, com a liderança das empresas e comparando com a análise a curto prazo considerando as patentes concedidas, se verifica que a médio prazo existe um aumento no interesse das empresas em publicar patentes com o assunto em questão. Esta mudança pode ser consequência da busca por embalagens não poluentes por consumidores, novas legislações e requerimentos ambientais e tantos outros fatores que aumentaram a exigência com relação às tratativas ambientais nos últimos anos e a tentativa das empresas se adequarem a isso.

Para finalizar a análise mais específica dos *players* atuantes no ramo das patentes, as Tabelas 11 e 12 indicam o cenário para as patentes depositadas.

Tabela 11: Universidades ou Centros de Pesquisa titulares das patentes depositadas com o assunto “*starch food packaging*”.

<b>Depositante</b>	<b>Patentes solicitadas</b>
Univ Qilu Technology	2
Univ Guangxi Nationalities	1
Univ Shanghai Ocean	1
Univ Chicago	1
Univ Jiangnan	1
Univ Liaoning	1
Univ Wuhan Polytechnic	1
Univ Kunming Science & Tech	1
Univ Shenyang Agricultural	1

Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 11: Universidades ou Centros de Pesquisa titulares das patentes depositadas com o assunto “*starch food packaging*”.

<b>Depositante</b>	<b>Patentes solicitadas</b>
Univ Shandong Agricultural	1
Univ South China Tech	1

Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Tabela 12: Empresas titulares das patentes depositadas com o assunto “*starch food packaging*”.

<b>Depositante</b>	<b>Perfil do depositante</b>	<b>Patentes depositadas</b>
Suzhou Hesumei Tech Co Ltd	Tecnologia	2
Hangzhou Jinyan Packaging Color Printing Co Ltd	Embalagem	2
Gold Fiber Europe S L	Bens não duráveis	1
Yangzhou City Huayu Packaging Co Ltd	Embalagem	1
Shandong Renfeng Special Mat Co Ltd	Materiais	1
Chengdu New Keli Chemical Tech Co Ltd	Tecnologia	1
Linqu Yulong Paper Co Ltd	Materiais	1
Guangdong Lixiangjia Environmental Protection Tech Co Ltd	Tecnologia	1
Honest Environmental Protection Tech Co Ltd	Tecnologia	1
Xiamen Changsu Ind Co Ltd	Materiais	1
Guangde Prec Electronics Haian Co Ltd	Eletrônicos	1
Yiyantang Yingcheng Food Packaging Co Ltd	Embalagem	1

Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

(CONTINUAÇÃO) Tabela 12: Empresas titulares das patentes depositadas com o assunto “*starch food packaging*”

<b>Depositante</b>	<b>Perfil do depositante</b>	<b>Patentes depositadas</b>
Changxi Packaging Tech Yixing Co Ltd	Embalagem	1
Shanghai Chunyi Pharma Packaging Mat Co Ltd	Embalagem	1

Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Já de início, verifica-se na Tabela 12 que existem empresas titulares de mais de uma patente depositada. As empresas chinesas *Suzhou Hesomei Tech CO LTD* e *Hangzhou Jinyan Packaging Color Printing CO LTD* são titulares de duas patentes cada uma e, também com tal quantidade, a *Qilu University of Technology* que apareceu para patentes concedidas, reaparece também com destaque nos *players* na Tabela 11. Para os ramos das empresas atuantes, o Setor de Embalagem mantém a sua importância e agora setores como Tecnologia e Materiais aparecem como *players* titulares de patentes depositadas, o que pode indicar a inclusão de novos atores na análise a médio prazo.

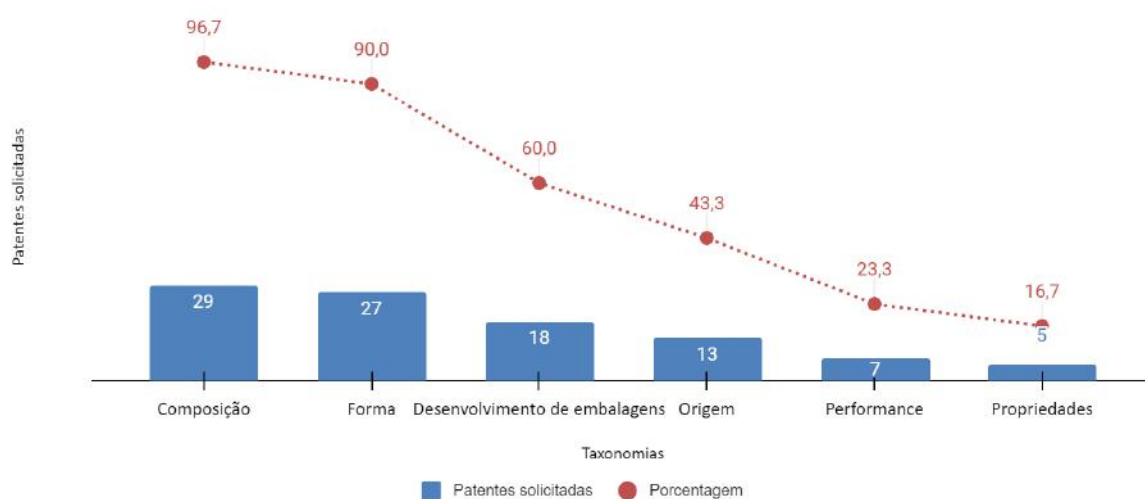
É válido ainda ressaltar que, assim como para patentes concedidas, universidades ou empresas brasileiras não aparecem como destaque nos *players* como foi identificado com a análise de artigos.

Com a finalização da análise Macro, a análise Meso pode ser feita em seguida para maior detalhamento dos assuntos abordados pela seleção de patentes depositadas para embalagens biodegradáveis contendo amido de acordo com as taxonomias.

### 5.2.3.2 Análise Meso

A análise Meso realizada para as patentes depositadas selecionadas e sobre embalagens biodegradáveis contendo amido pode ser visualizada na Figura 64.

Figura 64: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido em taxonomias Meso (quantidade nominal e porcentagem).



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Observando-se a Figura 64, o perfil da divisão em taxonomias Meso de patentes depositadas se assemelha com o perfil encontrado para as patentes concedidas. A taxonomia “Composição” também predomina, classificando 29 das 30 patentes depositadas e a interpretação do resultado segue o mesmo raciocínio: visto que mais de 90% das patentes depositadas indicavam a mistura do amido com outros compostos, entende-se que é predominante a aplicação em conjunto do biopolímero com outro componente, formando compósitos.

Para as patentes depositadas a taxonomia “Forma” aparece em seguida de “Composição” representando 90% das patentes depositadas. Assim como para as patentes concedidas, a análise Meso das patentes depositadas aponta a relevância



de estudos já feitos com a embalagem em formato de uso, não apenas sobre o material.

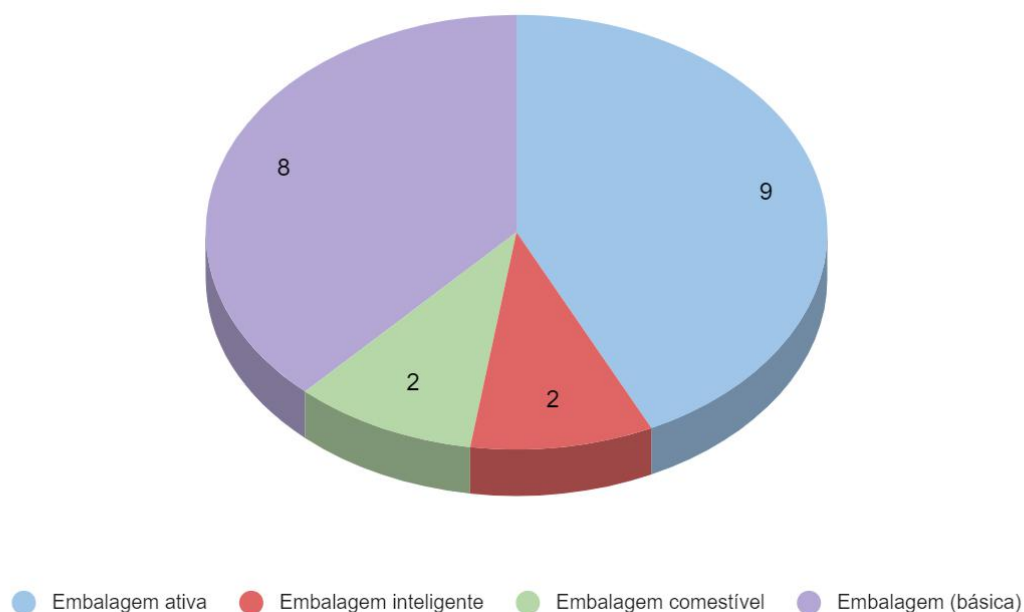
É válido mencionar também que a taxonomia "Desenvolvimento de embalagem" (corresponde a 60% das patentes depositadas) tem destaque a frente de "Performance" (23,3% das patentes depositadas) e "Propriedades" (com 16,7% das patentes depositadas). Essas três taxonomias possuem as mesmas posições comparando com perfil geral da análise Meso de patentes concedidas e, assim, se pode reafirmar que o foco das aplicações definidas por patentes é o próprio desenvolvimento de novas embalagens de alimentos, mesmo para a análise a médio prazo com as patentes depositadas.

Para finalizar a análise Meso das patentes depositadas acerca de embalagens biodegradáveis contendo amido aplicadas no Setor Alimentício, cabe indicar que a taxonomia "Origem" enquadra cerca de 43% das depositadas e este resultado indica que, assim como para as patentes concedidas, a maioria dos dados disponíveis sobre as patentes depositadas não indicava a origem da fonte de amido explicitamente.

#### 5.2.3.3 Análise Micro

A análise Micro do tópico em questão utiliza o grupo das 30 patentes depositadas sobre embalagens biodegradáveis de alimento contendo amido. Os gráficos (Figuras 65, 66, 67, 68, 69 e 70) indicam a quantidade de patentes depositadas para cada uma das taxonomias Micro. A primeira taxonomia Meso a ser subdividida será "Desenvolvimento de embalagem" conforme a Figura 65:

Figura 65: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Desenvolvimento de embalagem”.

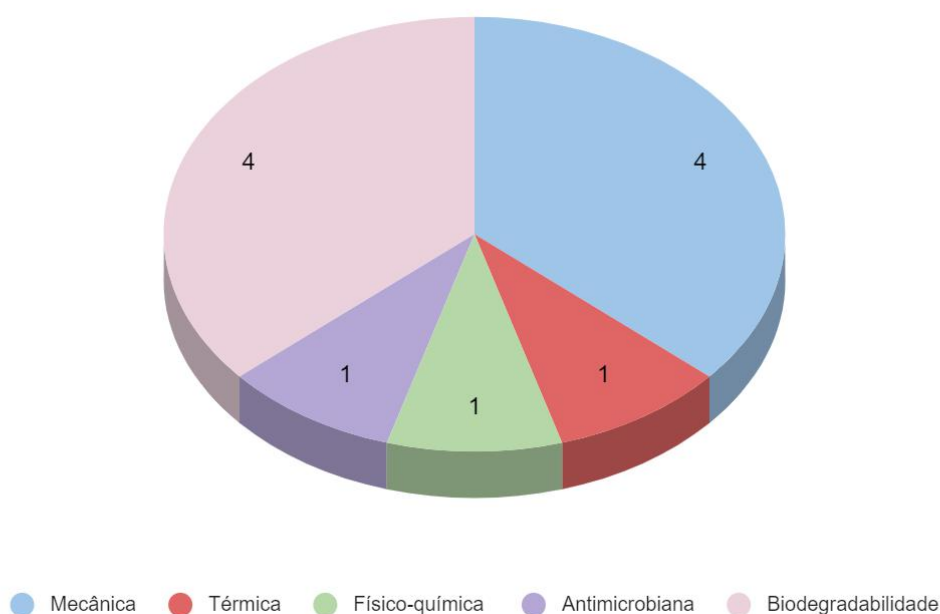


Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

A partir da Figura 65, se verifica a liderança para as embalagens ativas com nove patentes depositadas, mas, não muito diferente, oito patentes depositadas estudavam o desenvolvimento de embalagens básicas. O importante é que, quando comparado com o cenário indicado pela mesma análise Micro mas realizada para as patentes concedidas (Figura 55), é possível examinar a mudança de cenário com a predominância das embalagens ativas para patentes depositadas que não foram encontradas para as patentes concedidas. Tal alteração pode indicar um aumento no foco para embalagens ativas a médio prazo, sinalizando que as perspectivas de desenvolvimento circulam em volta de embalagens além de revestimentos, que possam atuar diretamente na manutenção da qualidade do produto. Assim, espera-se que o mercado ao redor das embalagens ativas/inteligentes contendo amido cresça ainda mais nos próximos anos.

A Figura 66 a seguir foi elaborada considerando a subdivisão das patentes depositadas categorizadas pela taxonomia Meso “Propriedades”.

Figura 66: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Propriedades”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Assim como foi observado para patentes concedidas (Figura 56), as taxonomias Micro que aparecem na Figura 66 são as mesmas e em comparação com os artigos (Figura 46), “Antioxidante”, “Anti-UV” e “Estrutural” são taxonomias que não aparecem, reafirmando que tais assuntos não foram explorados na análise de nenhum grupo de patentes.

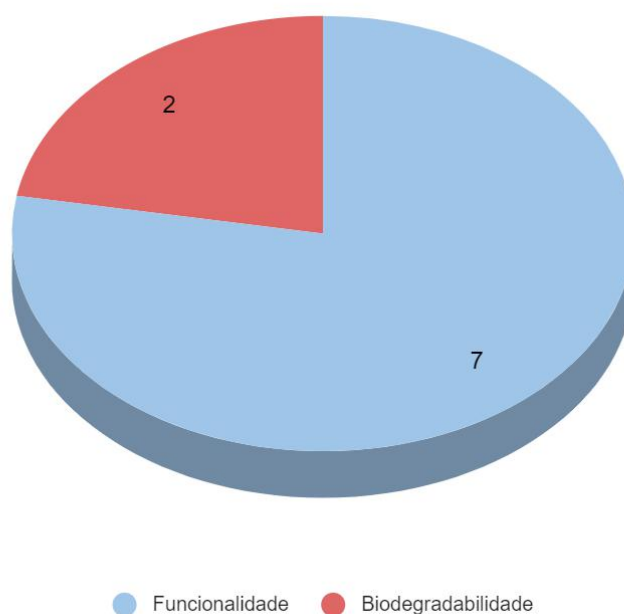
No caso das patentes depositadas, a propriedade “Mecânica” lidera categorizando quatro patentes, o que ressalta novamente o foco no estudo de aspectos físicos da embalagem ou do material como foi verificado com as patentes concedidas também. Empatado com essa propriedade, a “Biodegradabilidade” também categoriza quatro patentes depositadas, o que indica um aumento da atenção para o aprimoramento e avaliação da biodegradabilidade do material ou da própria embalagem de alimento. Tal resultado é importante, uma vez que é crescente a pressão por parte dos consumidores e do governo para adequação das atividades

considerando o menor impacto ambiental possível, aumentando então a procura por elementos biodegradáveis de diferentes gêneros.

Com relação ao restante das taxonomias Micro para o ramo de “Propriedades” - “Antimicrobiana”, “Térmica” e “Físico-química” - cada uma foi mencionada em apenas uma patente depositada, indicando então a existência de estudos que focam em tais, mas não de forma predominante.

A próxima taxonomia Meso a ser subdividida é “Performance”, cujo resultado está indicado na Figura 67.

Figura 67: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Performance”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

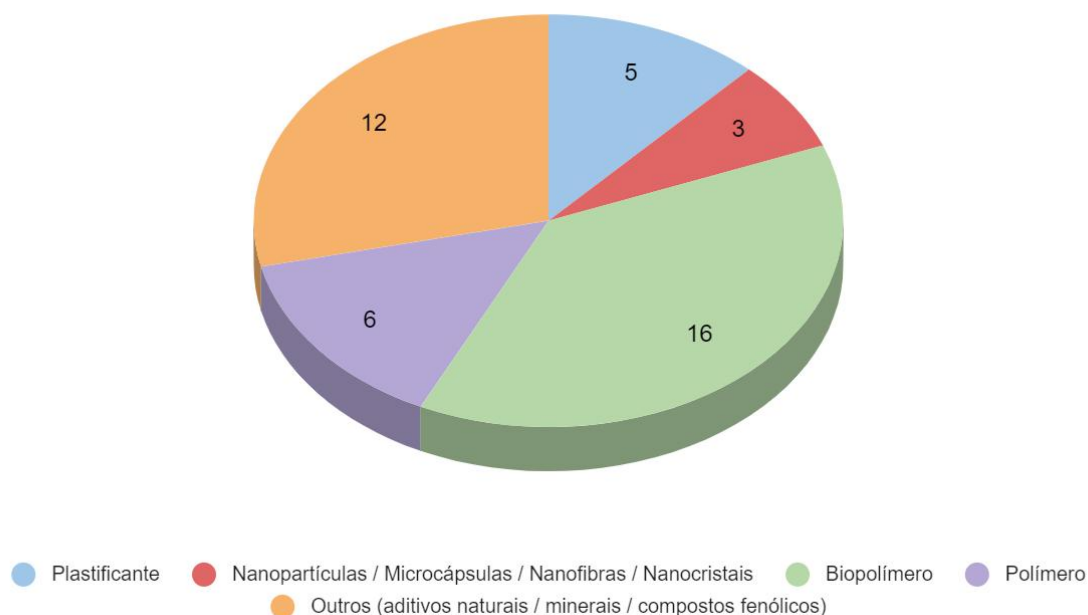
Assim como para as patentes concedidas, avaliando a Figura 67 e comparando com o cenário de artigos científicos, as taxonomias Micro “Visual” e “Conservação de alimento” não aparecem, ressaltando que as melhorias da embalagem para preservar

o alimento não são tão otimizadas quanto a funcionalidade da embalagem em si, taxonomia que categorizou sete patentes depositadas.

Ademais, uma outra taxonomia que aparece para patentes depositadas assim como foi visto para patentes concedidas é “Biodegradabilidade”, ressaltando novamente que algumas patentes também procuram aprimorar a biodegradabilidade do material ou da embalagem.

A seguir a análise Micro para as patentes depositadas continua com a taxonomia Meso “Composição” que pode ser visualizada na Figura 68.

Figura 68: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Composição”.



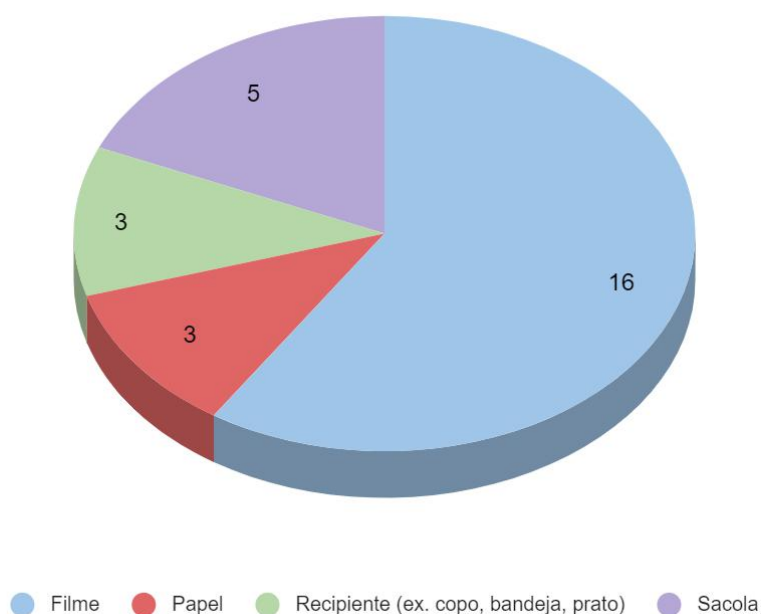
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

As taxonomias “Biopolímero” e “Outros” tiveram os maiores números de patentes depositadas, categorizando 16 e 12 patentes respectivamente, assim como foi observado para artigos científicos e patentes concedidas. A presença de “Biopolímero” indica novamente a composição que poderia melhorar os aspectos

funcionais da embalagem, enquanto em "Outros" o foco seria a melhora na eficiência antimicrobiana ao adicionar extratos naturais à matriz com amido para compor a embalagem biodegradável de alimento. Além disso, "Polímero" categorizou seis patentes depositadas e indica que, mesmo em minoria, existem estudos que buscam aplicar o amido associado com outro polímero que não seja biodegradável de origem. Por fim, as taxonomias "Plastificante" e "Nanopartículas / Microcápsulas / Nanofibras / Nanocristais" classificaram cinco e três patentes respectivamente, cenário também semelhante ao encontrado para patentes concedidas.

A próxima análise Micro a ser feita é sobre a "Forma" das embalagens para as patentes depositadas (Figura 69).

Figura 69: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso "Forma".



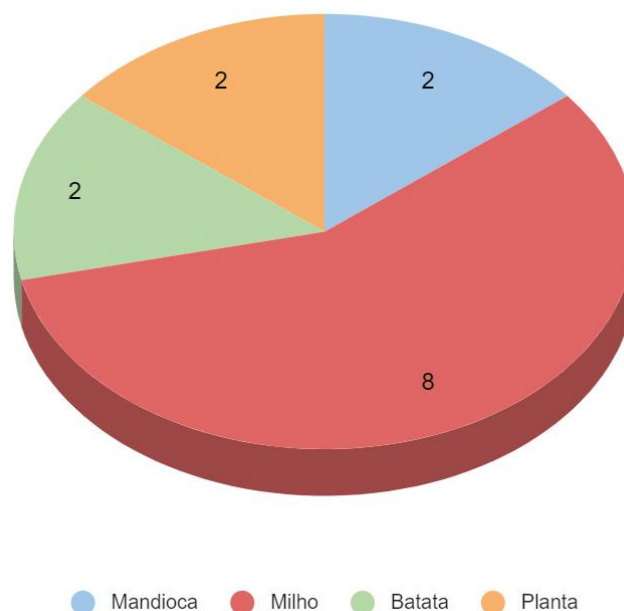
Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Mais uma vez, a forma "Filme" é predominante para a análise Micro de patentes, assim como foi visto para as patentes concedidas e para os artigos científicos. Esse resultado reafirma que o tipo mais comum a ser estudado de

embalagens biodegradáveis de amido são os filmes. “Sacola”, taxonomia que não foi encontrada para artigos, aparece em segundo lugar para patentes depositadas categorizando cinco patentes e indicando que, a médio prazo, se verifica como uma nova forma que vêm ganhando atenção e foco nos estudos. Com o mesmo intuito, as taxonomias “Recipientes” e “Papel” aparecem empatadas classificando, cada uma, três patentes depositadas, reafirmando tal variedade além da forma “Filme”.

Por último, a análise Micro é feita para a taxonomia Meso “Origem”, cujo resultado se encontra na Figura 70:

Figura 70: Distribuição das patentes depositadas sobre embalagens contendo amido selecionadas com a taxonomia Meso “Origem”.



Fonte: Elaboração própria (base de dados *Patent Inspiration*® considerando as 30 patentes mais recentes. Período de busca: 2012 - 2021).

Assim como foi visto para patentes concedidas, a taxonomia Micro “Milho” é apontada como a origem principal para o amido utilizado para compor as embalagens biodegradáveis estudadas, classificando oito patentes depositadas. O amido de mandioca, que teve destaque para a análise de artigos, aparece empatado com o amido derivado de batata e outras plantas, tendo cada uma dessas taxonomias

classificado duas patentes depositadas. Essas três taxonomias apontam, então, a variedade e possibilidades de obtenção do amido para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis.



## 6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

### 6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises realizadas para ambos os biopolímeros que compõem as embalagens biodegradáveis estudadas, se verifica um crescimento no número de publicações de artigos científicos nos últimos anos, principalmente entre 2020 e 2021. Além disso, se observa também a liderança das Universidades como atores responsáveis pelas publicações. Tais informações indicam um crescente interesse acadêmico em publicar estudos na área.

Todavia, esse comportamento não é observado na análise da série histórica para as patentes ou de seus titulares. Com cenários de declínio no número de publicações ou estagnação, se verifica que o mercado de patentes não indica mesmo interesse no desenvolvimento da tecnologia. Além disso, se observa o aumento da participação de Empresas que, então, começariam a investir na aplicação da tecnologia, disponibilizando-a para o mercado.

Para a análise acima feita, vale ressaltar que alguns fatores, como a seleção de patentes concedidas e depositadas, podem afetar a análise dos resultados. Para patentes concedidas sobre embalagens biodegradáveis contendo amido, o cenário com 7,48% das patentes (30 patentes selecionadas dentre 401 patentes concedidas) foi considerado e para patentes ainda não concedidas o cenário foi de 2,21% das patentes (30 patentes selecionadas dentro 1359 patentes publicadas). Sendo assim, os pequenos valores de porcentagem indicam um amostral pouco relevante frente ao total de patentes, resultando em um estudo restrito das patentes publicadas no ano de 2021.

Outro possível fator que poderia influenciar a análise seria o uso de sinônimos para a pesquisa do biopolímero PLA. Visto que a busca foi feita com “*PLA AND food AND packaging*”, sinônimos do biopolímero, como *polilactic acid*, *polylactide* e *lactic*

*acid polymer* não foram considerados e, por isso, alguns estudos foram excluídos por utilizarem tais sinônimos e não a sigla do polilactato (PLA).

Considerando os dois biopolímeros ainda, é válido indicar que, com relação à origem dos atores observados, a China aponta como principal país responsável pela publicação de artigos e de patentes, indicando a liderança chinesa com relação ao desenvolvimento da tecnologia.

Com base nisso, se verifica que a tecnologia de embalagens biodegradáveis contendo amido ou PLA ainda está em processo de desenvolvimento e estudo, ou seja, a curto prazo a pesquisa teórica sobre a tecnologia se destaca em comparação com a aplicação da mesma. Assim, pode-se dizer que, a médio e longo prazo é provável que exista um maior investimento por parte de Empresas para a aplicação efetiva da tecnologia e seu uso pelos consumidores.

## 6.2 CONCLUSÕES

- Ao realizar a seleção das patentes para o biopolímero natural amido e o biopolímero sintético PLA, foi possível verificar quantitativamente que os estudos relacionados às embalagens biodegradáveis contendo amido eram maiores do que os estudos sobre embalagens biodegradáveis contendo PLA, o que indica um maior desenvolvimento para os estudos contendo o biopolímero natural frente ao biopolímero sintético.
- Com relação aos assuntos explorados nos artigos indicados pela análise Meso, se verifica que a tecnologia nesta esfera para ambos os biopolímeros explorou mais as propriedades do amido ou PLA que estaria compondo a embalagem biodegradável de alimento em comparação com o desenvolvimento de embalagens em si, como é visto no cenário de patentes. Ainda para este último, se verifica também que foi mais explorada a *performance* das embalagens quando comparado com as propriedades.

- Todavia, para ambos os casos, para a maioria dos documentos publicados o amido ou o PLA estavam compondo as embalagens junto com outro composto, sempre associado a algum componente que iria aprimorar as propriedades do biopolímero e, conseqüentemente, da embalagem biodegradável final. Além disso, foi comum também observar amplamente a especificação da forma da embalagem e, exclusivamente para amido, a sua origem.
- Para o biopolímero amido, com base nos principais cenários observados para a Meso, se pode obter uma conclusão mais específica sobre as embalagens no quesito Micro. Para os artigos que buscavam analisar as propriedades, se verifica que as propriedades físico-químicas foram as mais exploradas pelos estudos o que pode indicar uma maior atenção no quesito físico e de uso da embalagem. No caso das patentes, as embalagens desenvolvidas tinham um foco mais básico considerando as patentes concedidas e, para as patentes depositadas, além disso foram apontadas embalagens com foco ativo. Tal aparecimento das embalagens ativas no cenário a médio prazo pode indicar a introdução posterior no mercado desse tipo de embalagem que vêm sendo estudado.
- Com relação à composição das embalagens contendo amido, tanto para artigos quanto para patentes a maioria das embalagens estudadas era composta por amido associado a outro tipo de biopolímero ou, em segundo lugar, possuíam algum aditivo natural. Além disso, a liderança da forma “Filme” em todas as análises Micro, confirmou o predominante uso do amido para compor embalagens em filmes.
- Já para o PLA, nos artigos que buscavam analisar as propriedades, se verifica que as propriedades mecânicas foram as mais exploradas pelos estudos. No caso das patentes concedidas, a melhora na *performance* das embalagens estava mais relacionada à categoria “Funcionalidade”, ou seja, melhora do propósito da embalagem, seja tanto a sua função de proteger o alimento, quanto a sua usabilidade. Ainda considerando este grupo de patentes, as embalagens desenvolvidas tinham um foco mais básico. É possível observar que o desenvolvimento de embalagens com características básicas se

encontra em um cenário de crescimento ao verificar que o número de patentes apenas publicadas para tal categoria é quatro vezes maior do que o registrado até o momento de patentes concedidas.

- Com relação à composição das embalagens contendo PLA, tanto para artigos quanto para patentes concedidas, o subgrupo “Outros”, que englobam aditivos naturais, minerais e compostos fenólicos, foi o mais mencionado, enquanto o *ranking* das patentes depositadas foi liderado pelos subgrupos “Polímeros” e “Biopolímeros”. Além disso, a liderança da forma “Filme” em todas as análises Micro, confirmou o predominante uso do PLA para compor embalagens na forma de filmes.

### 6.3 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Para os trabalhos futuros, algumas sugestões são cabíveis a partir da análise do cenário para cada biopolímero. No caso do amido, seria interessante realizar um mapeamento de como é extraído, qual rendimento, qual impacto das diferentes fontes de amido para a embalagem biodegradável final. Uma vez que foram apontadas as origens, mas não foi indicado se há alguma diferença do uso e aplicação do biopolímero de acordo com a origem considerada.

Com relação ao PLA, devido ao elevado custo de sua produção, estudos voltados para a rentabilidade do uso desse biopolímero em compor as embalagens biodegradáveis seria aplicável, isto é, a comparação entre o custo de obtenção do biopolímero frente ao de sua aplicação. Tais informações permitiriam entender melhor o retorno esperado com os investimentos para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis contendo PLA.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, Afrânio Carvalho. **Informação e atividades de desenvolvimento científico, tecnológico e industrial: tipologia proposta com base em análise funcional**. Ciência da informação, v. 20, n. 1, 1991.

ALENCAR, M. S. M.; PORTER, A. L.; ANTUNES, A. M. S. **Nanopatenting patterns in relation to product life cycle**. Technological Forecasting & Social Change, v.74, 2007, p.1661- 1680.

AMARAL, M. A., BORSCHIVER, S., MORGADO, C. R. V. **Análise do segmento de bioplásticos: prospecção tecnológica em “plásticos verdes”, PHA e PLA**. ENGEVISTA, V. 21, n.2, 2019, p.228-241.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D6400: Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities**. Estados Unidos, 2021.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D6868: Standard Specification for Labeling of End Items that Incorporate Plastics and Polymers as Coatings or Additives with Paper and Other Substrates Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities**. Estados Unidos, 2019.

ANVISA. **Resolução RDC nº 91**. Brasil, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15448-1: Embalagens plásticas degradáveis e ou de fontes renováveis - Parte 1 Terminologia**. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15448-2: Embalagens plásticas degradáveis e ou de fontes renováveis - Parte 2 Biodegradação e compostagem - Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2008.

AYU, R. S. *et al.* **Effect of modified tapioca starch on mechanical, thermal, and morphological properties of pbs blends for food packaging**. Polymers, v. 10, n. 11, 2018, p. 1187.

BENZI, L. **Packaging trends report worldstar award 2021**. World Packaging Organization. nov. 2021. Apresentação Power Point. 21 slides. color. Disponível em: <[https://www.worldpackaging.org/Uploads/2021-11/ResourcePDF39\\_1637507916.pdf](https://www.worldpackaging.org/Uploads/2021-11/ResourcePDF39_1637507916.pdf)> Acesso em: 2 fev. 2022.

BRITO, G. F., *et al.* **Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes**. Revista Eletrônica de Materiais e Processos. V.62., 2011, p. 127-139.

BROWN, H. *et al.* **Food packaging technology**. Londres: Blackwell Publishing Ltd, 2003. Disponível em: <<https://foodscience-technology.com/wp-content/uploads/2020/07/2-Food-Packaging-Technology.pdf>>

BORSCHIVER, S.; SILVA, A.L.R., 2016. **Technology Roadmap – Planejamento Estratégico para alinhar Mercado-Produto-Tecnologia**. ISBN: 9788571933866 1.a Edição – 2016.

CHAKORI, S., *et al.* **Taking a whole-of-system approach to food packaging reduction**. Journal of Cleaner Production, [S. l.], v. 338, 24 jan. 2022.

SAHRAEE, S.; MILANI, J. **Chitin and chitosan-based blends, composites, and nanocomposites for packaging applications**. Sari: Elsevier, 2020. cap. 8, p. 247-271. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Jafar-Milani-2/publication/342475437\\_Chitin\\_and\\_chitosan-based\\_blends\\_composites\\_and\\_nanocomposites\\_for\\_packaging\\_applications/links/5fd6ff89a6fdccdb8c48d6c/Chitin-and-chitosan-based-blends-composites-and-nanocomposites-for-packaging-applications.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jafar-Milani-2/publication/342475437_Chitin_and_chitosan-based_blends_composites_and_nanocomposites_for_packaging_applications/links/5fd6ff89a6fdccdb8c48d6c/Chitin-and-chitosan-based-blends-composites-and-nanocomposites-for-packaging-applications.pdf)>.

DIAS, A. B. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis obtidos de amido e de farinha de arroz**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Alimentos, Florianópolis, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/92138/250617.pdf;jsessionid=5428F778EA3308317097E7A830DE28D6?sequence=1>. Acesso em: 14 mar. 2022.

DENARDIN, C. C., SILVA, L. P. **Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas**. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.3, p.945-954, 2009.

eCycle. “Embalagens biodegradáveis: benefícios e tipos”. eCycle, 2014. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/embalagens-biodegradaveis/>>, acesso em: 15 nov. 2021.

EUROPEAN STANDARD. **DIN EN 13432: Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation - Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging**. Europa, 2000.

EUROPEAN BIOPLASTICS (Europa). **Bioplastics Market Update 2020**. [S. l.], 2020. Disponível em: <[www.european-bioplastics.org](http://www.european-bioplastics.org)>. Acesso em: 4 fev. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA. **Prospecção tecnológica: Metodologias e Experiências Nacionais e Internacionais**. Rio de Janeiro, 2003.

IVANKOVIC, A., *et al.* **Biodegradable packaging in the food industry.** Journal of Food Safety and Food Quality n. 68, volume 2, 2017, p. 23–52.

JAPAN BIOPLASTICS ASSOCIATION. **GreenPla Norm.** Japão, 2002.

KOZIK, N. **Sustainable packaging as a tool for global sustainable development.** SHS Web of Conferences. Vol. 74, 2020.

KUBASKI, L.; ITO, P. B. **Desenvolvimento de embalagem biodegradável a partir de resíduos da indústria de batata e cerveja.** Orientador: Prof.a Dr.a Maria Helene Giovanetti Canteri. 2017. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

MENDONÇA, L., SANTOS, N. **Plásticos biodegradáveis e compostáveis.** BASF - The Chemical Company. Apresentação Power Point. 25 slides. color. Disponível em: <<http://www.simpesc.org.br/wp-content/uploads/arquivos/472518185f.pdf>> Acesso em: 15 nov. 2021.

NEUZA, Jorge. **Embalagens para alimentos.** São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013. 194 p.

OLIVEIRA, A. C. S., BORGES, S. V. **Poli (ácido láctico) aplicado para embalagens de alimentos:** Uma Revisão. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 15, n. 1, 2020, p. 1-10.

OROSKI, F. A. **Modelos de negócio e transição de sistemas tecnológicos:** o caso dos bioplásticos. Orientadores: José Vitor Bomtempo e Flávia Chaves Alves: Rio de Janeiro: UFRJ / Escola de Química. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), 2013.

PATHAK, S.; SNEHA, C.; MATHEW, B. B. **Bioplastics:** Its Timeline Based Scenario & Challenges. Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry, Vol. 2, No. 4, 2014, p. 84-90.

PELLICES, E. *et al.* **Advances in Applications of Industrial Biomaterials.** [S. l.]: Springer, 2017. 220 p. ISBN 978-3-319-62766-3. DOI 10.1007/978-3-319-62767-0. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Dragana-Tomasevic/publication/318675705\\_Potential\\_Application\\_of\\_Nano\\_Zero\\_Valent\\_Iron\\_in\\_Environmental\\_Protection/links/5ce3a98f92851c4eabb17765/Potential-Application-of-Nano-Zero-Valent-Iron-in-Environmental-Protection.pdf#page=145](https://www.researchgate.net/profile/Dragana-Tomasevic/publication/318675705_Potential_Application_of_Nano_Zero_Valent_Iron_in_Environmental_Protection/links/5ce3a98f92851c4eabb17765/Potential-Application-of-Nano-Zero-Valent-Iron-in-Environmental-Protection.pdf#page=145)>

PERUMAL, A. B., *et al.* **Application of essential oils in packaging films for the preservation of fruits and vegetables:** A review. Food Chemistry, [S. l.], v. 375, 9 dez. 2021.

PIZZANI, L.; ROSEMARY, C. S.; HAYASHI, M. C. P. I. **Bases de dados e bibliometria: a presença da Educação Especial na base Medline**. Revista brasileira de biblioteconomia e documentação, Vol. 4.1, 2008, p. 68-85.

PRADELLA, José Geraldo. **Biopolímeros e intermediários químicos**. Relatório Técnico no 84 396-205. ed. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos: [s. n.]. 119 p. São Paulo. Março, 2006.

Quitina e Quitosana: aplicações como biomateriais. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, p. 27-34, 24 dez. 2007. Disponível em: [www.dema.ufcg.edu.br/revista](http://www.dema.ufcg.edu.br/revista). Acesso em: 5 mar. 2022.

RIGOLIN, T. R. **Modificação química de poli(ácido láctico) com anidrido maleico por processamento reativo**. Dissertação (Mestrado) - UFScar. São Carlos, 2014.

RISCH, S. J. **Food packaging history and innovations**. Journal of Agriculture and Food Chemistry. Vol. 57, 2009, p. 8089–8092.

SALI, M. A., *et al.* **Titanium dioxide nanoparticles as multifunctional surface-active materials for smart/active nanocomposite packaging films**. Advances in Colloid and Interface Science, [S. l.], v. 300, 22 dez. 2021.

SBRT - Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. **Dossiê Técnico: Embalagens para produtos alimentícios**. Paraná: TECPAR. 2011. 31 p. Disponível em: <http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTY0MQ==>. Acesso em: 15 nov. 2021.

TAKO, Y.; MATHEUS, J. R. V.; FAI, A. E. C. **Economia circular para repensar as embalagens: uma breve revisão**. Research, Society and Development, v. 10, n. 9, e49210918278, 2021. Research, Society and Development, v. 10, n. 9, e49210918278, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i9.18278>. Acesso em: 10 nov. 2021.

TAUFIK, D. *et al.* **The paradox between the environmental appeal of bio-based plastic packaging for consumers and their disposal behaviour**. Science of The Total Environment, [S. l.], v. 705, 2020.

Gerência de Processos Regulatórios – GPROR e Gerência-Geral de Regulamentação e Boas Práticas Regulatórias – GGREG. Biblioteca de Alimentos. 2021. Disponível em: <[Biblioteca de temas de Alimentos \(www.gov.br\)](http://www.gov.br/biblioteca-de-temas-de-alimentos)>

ZHONG, Y.; GODWIN, P.; JIN, Y.; XIAO, H. **Biodegradable polymers and green-based antimicrobial packaging materials: A mini-review**. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, vol. 3, 2020, p. 27-35.