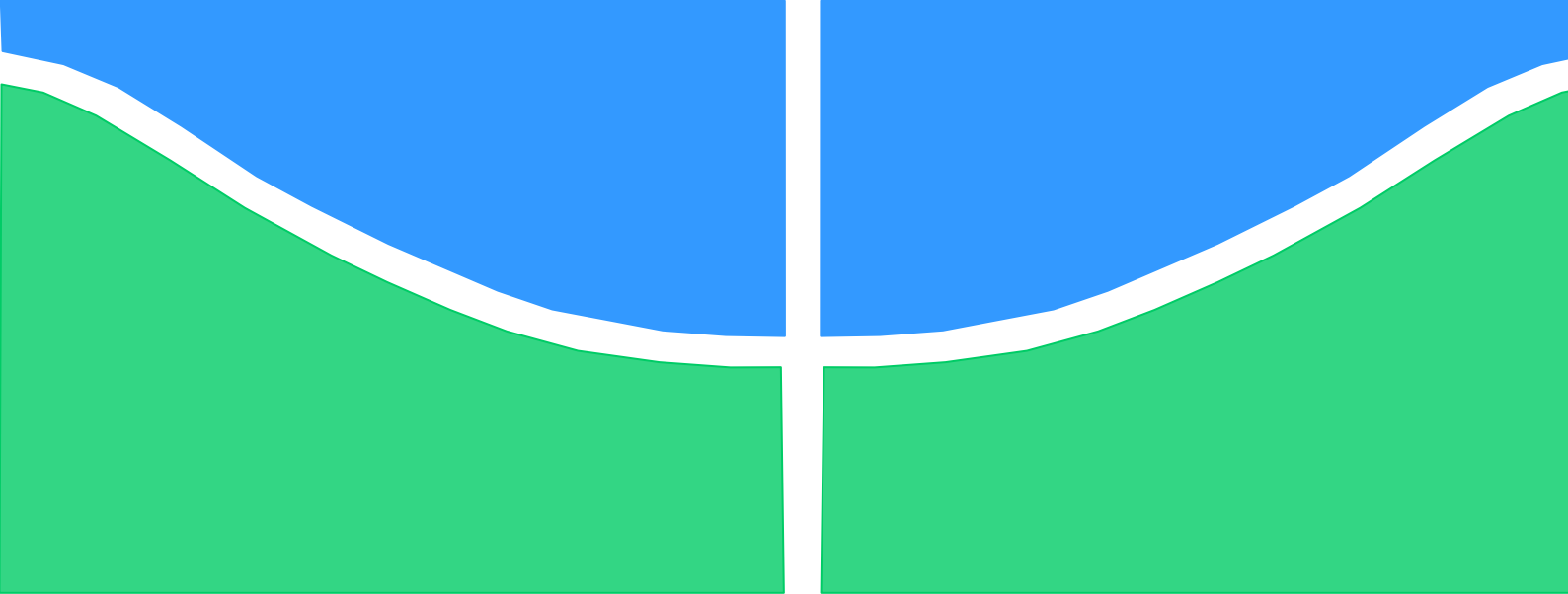




**Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Curso de Engenharia de Energia**

**Prospecção Tecnológica da Produção de Biodiesel a
Partir de Microalgas no Brasil**

**Autora: Kamila Cavalcante dos Santos
Orientador: Prof^a Dr^a Andréia Alves Costa**

**Brasília, DF
2017**



Kamila Cavalcante dos Santos

**TÍTULO: Prospecção Tecnológica da Produção de Biodiesel a Partir de
Microalgas no Brasil**

Monografia submetida ao curso de
graduação em Engenharia de Energia da
Universidade de Brasília, como requisito
parcial para obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia de Energia

Orientador: Prof. Dra. Andréia Alves Costa

**Brasília, DF
2017**

CIP – Catalogação Internacional da Publicação*

Santos, Kamila Cavalcante.

Prospecção Tecnológica da Produção de biodiesel a partir de Microalgas / Kamila Cavalcante dos Santos. Brasília: UnB, 2017. 63 p. : il. ; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília Faculdade do Gama, Brasília, 2017. Orientação: Andréia Alves Costa.

1. Biodiesel. 2. Microalgas. 3. Prospecção Tecnológica I. Alves Costa, Andréia. II. Título. Doutora

CDU Classificação

- A ficha catalográfica oficial deverá ser solicitada à Biblioteca pelo aluno após a apresentação.



REGULAMENTO E NORMA PARA REDAÇÃO DE RELATÓRIOS DE PROJETOS DE GRADUAÇÃO FACULDADE DO GAMA - FGA

Kamila Cavalcante dos Santos

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia da Faculdade UnB Gama - FGA, da Universidade de Brasília, em 13/11/17 apresentada e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

Prof^a Dr^a: Andréia Alves Costa, UnB/ FGA
Orientador

Prof^a. Dr^a: Grace Ferreira Ghesti, IQ/UnB
Membro Convidado

Prof^a Dr^a: Patricia Regina Sobral Braga, UnB/ FGA
Membro Convidado

Brasília, DF
2017

Dedico esse trabalho a Deus, minha família e meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as benções e oportunidades concedidas até aqui. Agradeço também a minha família que esteve presente ao meu lado em todos os momentos, principalmente a minha mãe por toda paciência e dedicação durante a minha graduação.

Agradeço também aos amigos e colegas que fiz na faculdade e que foram muito importantes nessa etapa da minha vida. Agradeço pela amizade, companheirismo, apoio e incentivo durante todo esse tempo.

Aos professores da faculdade que foram essenciais e indispensáveis na construção do conhecimento e no amadurecimento como pessoa.

A minha orientadora professora Andréia Alves Costa por toda paciência, atenção e dedicação no decorrer do trabalho.

“A felicidade pode ser encontrada mesmo nas horas mais difíceis, se você se lembrar de acender a luz”. Alvo Dumbledore.

RESUMO

A dependência energética de combustíveis derivados do petróleo e os problemas ambientais ocasionados pelo seu uso despertaram o interesse da sociedade por buscar combustíveis renováveis que possam suprir as demandas energéticas, mas que minimizem os impactos ao meio ambiente. Nesse contexto, microalgas são uma fonte promissora e alternativa para a obtenção de biodiesel. Contudo, ainda existem limitações para a produção em larga escala desse combustível derivado de biomassa microalgal. O principal objetivo do presente trabalho foi a realização de uma prospecção tecnológica da produção de biodiesel a partir de microalgas no Brasil para identificação das tendências tecnológicas nesse contexto. A prospecção tecnológica foi realizada a partir da análise de patentes nacionais depositadas no escritório de patentes INPI, com o auxílio do programa Questel Orbit para o desenvolvimento de um mapeamento tecnológico, a nível nacional e mundial. A análise preliminar permitiu identificar que os principais depositantes de patentes de microalgas são o Brasil e a França, e isso mostra o interesse desses países nessa tecnologia. O assunto mais abordado nas patentes trata sobre o cultivo das microalgas, uma vez que ainda hoje é um processo que inviabiliza a produção do biodiesel microalgal em larga escala.

Palavras-chave: biodiesel, microalgas, prospecção tecnológica.

ABSTRACT

The energy dependence of petroleum-derived fuels and the environmental problems caused by their use have aroused society's interest in finding renewable fuels that can meet the energy demands, but that minimize the impacts on the environment. In this context, microalgae are a promising and alternative source for obtaining biodiesel. However, there are still limitations for the large-scale production of this fuel derived from microalgal biomass. The main goal of the present work was the realization of a technological forecasting of biodiesel production from microalgae in Brazil in order to identify the technological trends in this context. Technological forecasting was carried out based on the analysis of national patents deposited in the INPI patent office, with the help of the Questel Orbit program for the development of a technological mapping at national and world level. The preliminary analysis allowed to identify that the main depositors of microalgae patents are Brazil and France, and this shows the interest of these countries in this technology. The subject most discussed in the patents is about the cultivation of microalgae, since it is still a process that makes the production of microalgal biodiesel on a large scale unfeasible.

Keywords: biodiesel, microalgae, technological forecasting.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Matérias primas para a produção de biodiesel por região.....	5
Figura 2. Reação de esterificação.....	6
Figura 3. Reação de transesterificação.....	7
Figura 4. Projeto de uma lagoa fotossintética	12
Figura 5. Fotobiorreator tubular.....	13
Figura 6. Produtos obtidos a partir das algas	18
Figura 7. Fluxograma das etapas de produção do biodiesel a partir de microalgas..	19
Figura 8. Status legal das patentes relacionadas a microalgas.....	29
Figura 9. Depósito das patentes ao redor do mundo	32
Figura 10. Percentual de depositantes separados por categoria.	33
Figura 11. Quantidade de publicações de acordo com a classificação IPC	35
Figura 12. Distribuição dos resultados de patentes por conceitos	39
Figura 13. Patentes depositadas por ano.....	41
Figura 14. Assuntos abordados nas patentes	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Conteúdo lipídico de algumas espécies de microalgas.....	10
Tabela 2. Dados experimentais do processo de flotação com a espécie <i>Chlorella sp</i> utilizando diferentes coagulantes.....	15
Tabela 3. Rotas de conversão energética da biomassa.	17
Tabela 4. Quadro de descrição dos métodos de prospecção tecnológica.	23
Tabela 5. Quadro de limitações dos métodos de prospecção	25
Tabela 6. Países que depositaram patentes no Brasil	31
Tabela 7. Descrição das classificações de patentes	35

LISTA DE ABREVIATURAS

CNPq- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

INPI- Instituto Nacional da Propriedade Industrial

MCTIC- Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações

P&D- Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico

P&DI- Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação

UFPR- Universidade Federal do Paraná

UFSC- Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	vi
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS.....	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS DA PESQUISA	3
2.1 Objetivos Gerais	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
3. REFERENCIAL TEORICO.....	4
3.1 Biodiesel.....	4
3.1.1 Processos de Produção de Biodiesel.....	5
3.1.1.1 Esterificação	5
3.1.1.2 Hidroesterificação	6
3.1.1.3 Pirólise	6
3.1.1.4 Transesterificação	7
3.1.2 Vantagens da Utilização do Biodiesel no Brasil e no Mundo	8
3.2 Produção de Biodiesel a partir de Microalgas	9
3.2.1 Produção de Biomassa Microalgal	9
3.2.2 Cultivo	11
3.2.2.1 Lagoas Fotossintéticas de Alta Carga	11
3.2.2.2 Fotobiorreatores	13
3.2.3 Colheita da Biomassa	13
3.2.3.1 Floculação	14
3.2.3.2 Flotação	15
3.2.3.3 Centrifugação	15
3.2.3.4 Sedimentação.....	16

3.2.4 Secagem da Biomassa	16
3.2.5 Extração do Conteúdo Lipídico das Microalgas	16
3.2.6 Tecnologias de Conversão de Biocombustíveis a partir das Microalgas ..	17
3.2.7 Síntese do Processo de Produção de Biodiesel a Partir de Microalgas....	17
3.3 Prospeção tecnológica.....	20
3.3.1 Future Studies, Foresight e Forecasting	21
3.3.2 Métodos de Prospeção.....	22
3.3.3 Vantagens e Desvantagens dos Métodos de Prospeção Tecnológica....	24
3.4 Análise de Patentes	26
4. METODOLOGIA	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.2 Análise da Autoria das Patentes	33
5.3 Classificação das Patentes.....	34
5.4 Análise Temporal das Patentes e Tendências	40
5.5 Tendências das Patentes	42
6. CONCLUSÃO	45
7. REFERÊNCIAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

A busca por novos processos de obtenção de energia constitui um marco importante no desenvolvimento da sociedade para o suprimento das necessidades humanas. Diversas pesquisas tecnológicas são realizadas anualmente para o descobrimento de novas fontes energéticas que possam trazer evolução na matriz energética mundial.

O Brasil possui um grande potencial para a utilização de fontes limpas de energia que possam preservar a sustentabilidade econômica e ambiental. A viabilidade ambiental e a elevação dos preços dos combustíveis fósseis favorecem a expansão dos combustíveis derivados de biomassa [1].

A necessidade de substituição da matriz energética derivada dos combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia tem intensificado as pesquisas sobre novos métodos e tecnologias para a obtenção de biocombustíveis para geração de uma energia limpa, e nesse contexto, a biomassa de microalgas apresenta-se como uma alternativa para a produção de biodiesel.

Por apresentar um bom rendimento energético, diversas pesquisas têm sido realizadas com as microalgas no setor de produção de biomassa para utilização na indústria energética. Esse tipo de indústria é muito importante para o desenvolvimento de um país, então o estudo de novas tecnologias emergentes nesse setor se torna muito significativo e com um valor inestimável uma vez que esses estudos possuem a capacidade de contribuir socialmente, economicamente e politicamente [2].

As microalgas possuem um grande diferencial para a produção de combustíveis, por sua capacidade de produzir uma grande quantidade de biomassa por unidade de área e tempo [2]. Algumas microalgas possuem um alto nível de lipídeos que podem ser transformados em biodiesel a partir do processo de transesterificação. Por possuírem uma estrutura unicelular que permite a fácil conversão de energia solar em energia química, essa característica pode ser aproveitada comercialmente para a produção de biomassa [2]. Considerando essa realidade, um estudo pode auxiliar na descoberta de tendências tecnológicas e na diminuição das incertezas sobre elas, ajudando na organização e no melhor proveito dos investimentos nessa área.

Por apresentar um bom rendimento energético, diversas pesquisas têm sido realizadas com as microalgas no setor de produção de biomassa. Nesse sentido, estudos prospectivos vêm sendo realizados sobre diversos assuntos como uma tentativa de mapear o futuro, criando projeções que possam auxiliar na tomada de decisões. Ao considerar a importância da utilização de fontes limpas de energia, assim como a importância de se entender as tendências tecnológicas que podem apoiar decisões relacionadas à pesquisa e desenvolvimento tecnológico (P&D), este estudo analisou a situação das tecnologias de produção do biodiesel a partir de microalgas no Brasil, buscando a realização de um estudo prospectivo sobre o assunto.

Sabe-se que as empresas estão investindo em métodos de P&D para orientação de projetos futuros [3], e esse recurso de prospecção tecnológica permite a diminuição de riscos e incertezas sobre o uso dessa nova tecnologia. O fato da produção de biodiesel a partir de microalgas ainda estar em processo de desenvolvimento, ressalta a importância desse trabalho. A ideia é contribuir para a tomada de decisão sobre a viabilidade e os desafios desse método de obtenção de biodiesel.

O diferencial desse processo de produção de biodiesel é o fato de ser um método que não compete diretamente com a cultura alimentícia, e que faz uso de recursos naturais que proporcionam a realização da fotossíntese com a luz solar, água (doce ou salgada) e dióxido de carbono para originar energia. O grande desafio é aperfeiçoar os métodos de produção para que sejam uma fonte de energia viável em um futuro próximo [4].

2. OBJETIVOS DA PESQUISA

2.1 Objetivos Gerais

O objetivo do trabalho foi identificar as principais tendências tecnológicas que estão em desenvolvimento para a utilização de biomassa originada das microalgas na produção de biodiesel no Brasil.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos para o melhor entendimento do problema podem ser divididos da seguinte maneira:

- realização de uma revisão bibliográfica dos conceitos de prospecção tecnológica e seus métodos;
- entendimento dos conceitos de obtenção de biodiesel a partir de microalgas e suas vantagens;
- mapeamento das tendências tecnológicas sobre utilização de microalgas para produção de biodiesel no Brasil;
- construção de um mapa tecnológico a partir de pedidos registrados de patentes em nível nacional;
- identificação de tendências tecnológicas nessa área;
- avaliação das vantagens e desvantagens desse processo para obtenção de biodiesel.

3. REFERENCIAL TEORICO

3.1 Biodiesel

A lei N° 11.097 datada de 13 de janeiro de 2005 define o biodiesel como sendo: “biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” [5].

A maior parte da energia consumida no mundo provém de fontes não renováveis, ressaltando a importância da busca por novas fontes de energia que possam preservar o meio ambiente. O Brasil é um dos países com maior potencial para produção de biocombustíveis a partir de biomassa [6].

O biodiesel é um biocombustível produzido a partir de fontes renováveis e que possui um menor impacto ambiental quando comparado a energia derivada do petróleo. É um combustível biodegradável que pode ser obtido por diferentes processos, como craqueamento térmico, esterificação ou pela transesterificação [7].

O Brasil por ser detentor de uma grande quantidade de território, apresenta uma ampla variedade de matéria-prima para a produção de biodiesel, como a soja, o girassol, algodão, entre outros. Cada região possui seus aspectos climáticos favorecendo um determinado tipo de plantação [8]. Por exemplo, na região Norte o cultivo da palma e da soja é mais viável. As matérias primas utilizadas na produção de biodiesel podem variar dependendo de aspectos geográficos da região analisada conforme a Figura 1.

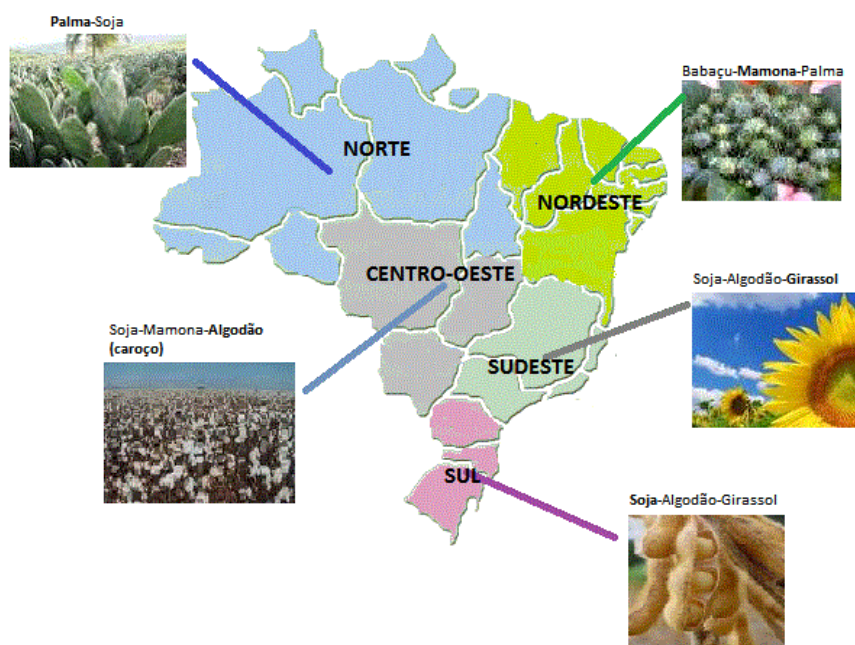


Figura 1. Matérias primas para a produção de biodiesel por região [9].

Substâncias que possuem triglicerídeos na sua composição podem ser utilizadas para a produção de biodiesel. Normalmente, esses triglicerídeos podem ser encontrados em óleos vegetais e gorduras animais [10].

3.1.1 Processos de Produção de Biodiesel

Existem vários métodos para a produção de biodiesel, dentre os quais pode se destacar esterificação, hidroesterificação, pirólise e transesterificação [10].

3.1.1.2 Esterificação

A esterificação é caracterizada pela reação de um ácido com um álcool para a obtenção de um éster. Sendo assim, o biodiesel pode ser formado a partir da reação do álcool com ácidos graxos livres. A reação pode ser visualizada na Figura 2 [12].

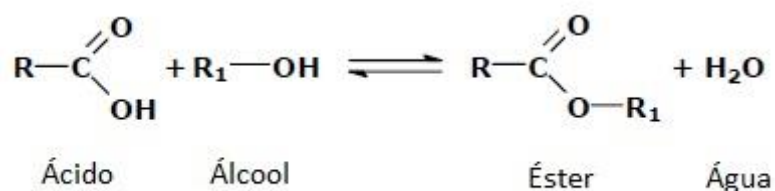


Figura 2. Reação de esterificação. Adaptada da referência [13]

A reação de esterificação é uma reação reversível, cuja cinética é regida pelo princípio de Le Chatelier. Assim, o progresso da reação dependerá do deslocamento do equilíbrio químico no sentido da formação dos produtos, por meio das condições favoráveis de todas as variáveis, como temperatura, concentração do catalisador, pressão e a quantidade de reagentes [12].

3.1.1.3 Hidroesterificação

O processo de hidroesterificação é um processo moderno na produção de biodiesel. Esse processo envolve uma etapa de hidrólise seguida da esterificação. É um processo alternativo ao processo convencional uma vez que o fato de se realizar uma etapa de hidrólise favorece a utilização de matérias primas com qualquer teor de ácidos graxos e umidade [14].

A hidrólise é uma reação química que ocorre entre triglicerídeos e água, que tem como produto os ácidos graxos e como subproduto o glicerol, o qual é removido ao final da etapa de hidrólise [15].

Após a etapa de hidrólise os ácidos graxos são esterificados com metanol ou etanol, produzindo o biodiesel e água como subproduto, podendo essa água ser reutilizada no processo de hidrólise [15].

3.1.1.4 Pirólise

A pirólise é um processo de conversão de uma estrutura química orgânica em outra por meio de calor. É o processo de degradação térmica capaz de converter biomassa em combustíveis energéticos. A pirólise é um processo endotérmico que necessita de uma fonte externa de energia (calor) para que ocorra [16].

A pirólise promove a quebra de moléculas por aquecimento a altas temperaturas (aproximadamente 450 °C) na ausência de oxigênio. Esse processo forma uma mistura de compostos com propriedades químicas semelhantes ao diesel do petróleo [17].

A pirólise de biomassa produz uma combinação de gases, biocarvão e bio-óleo, cada um com seu devido potencial para geração de energia. O bio-óleo (biodiesel) pode ser utilizado diretamente como combustível ou ser processado para dar origem a outros produtos de maior valor agregado [18].

3.1.1.5 Transesterificação

A reação de transesterificação é o processo de conversão do óleo ou gordura, em ésteres metílicos ou etílicos de ácidos graxos que constituem o biodiesel. Na transesterificação de óleos vegetais, um triglicerídeo reage com um álcool na presença de um catalisador produzindo uma mistura de ésteres monoalquílicos de ácidos graxos e glicerol conforme a reação representada na Figura 3 [10].

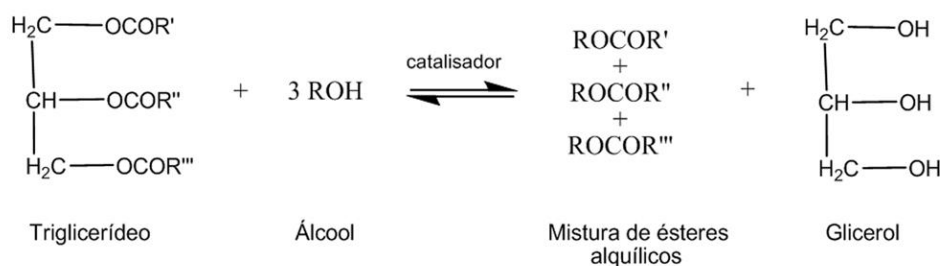


Figura 3. Reação de transesterificação [18].

O álcool geralmente é adicionado em excesso para promover o deslocamento do equilíbrio da reação, favorecendo a formação do biodiesel. A reação pode ser catalisada por bases, ácidos ou enzimas. Os catalisadores mais eficientes nesse processo são hidróxido de potássio (KOH) e hidróxido de sódio (NaOH). O produto obtido da reação possui duas fases, onde a fase menos densa é o biodiesel, e a mais densa é a glicerina. Esses produtos podem ser separados por decantação ou centrifugação [20].

Na busca da otimização dos resultados do processo de transesterificação, a matéria prima utilizada deve ser tratada para modificação dos parâmetros de umidade e acidez do processo, onde a mesma é neutralizada por uma solução alcalina de hidróxido de sódio ou potássio seguidos de secagem e desumidificação [10].

3.1.2 Vantagens da Utilização do Biodiesel no Brasil e no Mundo

Os combustíveis derivados do petróleo poluem o meio ambiente gerando aumento do chamado efeito estufa, que é caracterizado pelo aumento da concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera. Como consequência disso tem-se o aumento da temperatura do planeta.

O Brasil é um país com um vasto território e possui um clima favorável para a plantação de oleaginosas que podem ser utilizadas para a obtenção de óleo para a produção de biodiesel. Existem inúmeras vantagens de se utilizar o biodiesel e algumas delas podem ser citadas [21]:

- é um combustível dito renovável, uma vez que teoricamente provém de recursos não esgotáveis;
- pode aumentar a vida útil do motor, uma vez que se apresenta como bom lubrificante;
- possui um menor risco de explosão, facilitando o transporte e o armazenamento desse biocombustível;
- para sua utilização, não é necessário nenhuma adaptação em caminhões, tratores e máquinas;
- geração de emprego e renda para o campo, diminuindo as migrações do campo para a cidade, evitando o inchaço das cidades;
- pode ser utilizado puro nos motores ou misturado em qualquer percentual de mistura com o diesel;
- é um produto natural e biodegradável.

A utilização de biodiesel como uma fonte alternativa de combustível pode minimizar alguns problemas ocasionados pelo uso de combustíveis fósseis. O emprego do biodiesel possui muitas vantagens a curto e médio prazo, e uma delas é a diversidade de matérias-primas existentes para a produção desse biocombustível [21].

3.2 Produção de Biodiesel a partir de Microalgas

As microalgas são organismos fotossintéticos que para um bom crescimento necessitam de luz solar, carbono, macro nutrientes e micronutrientes. São organismos similares às plantas e podem ser encontrados em meio marinho, em água doce e no solo [22].

O Brasil tem as condições climáticas favoráveis para que as microalgas se tornem a principal matéria prima para produção de biocombustíveis. Pesquisas indicam que as microalgas podem gerar até 6 toneladas de óleo por hectare. Ao serem comparadas com a soja, que produz de 340 a 400 quilos por hectare, as microalgas possuem uma produtividade muito maior. Algumas pesquisas realizadas no Brasil objetivam a otimização dessa técnica de produção. A Embrapa realiza diversas pesquisas com o intuito de melhorar o rendimento de biodiesel obtido a partir de microalgas [23].

3.2.1 Produção de Biomassa Microalgal

A produção de biomassa microalgal costuma ser mais cara do que o processo de cultivo. Para se obter um bom rendimento em biomassa microalgal é necessário luz, gás carbônico (CO_2), água e sais inorgânicos. Os elementos inorgânicos necessários nesse processo incluem o nitrogênio (N), fósforo (P), ferro (Fe) e em alguns casos sílicio (Si). Utiliza-se a luz solar como fonte de luz para redução dos gastos desse processo [22].

Existem várias espécies de microalgas e cada uma delas possui diferentes valores de teor lipídico (matéria prima para a produção de biodiesel). As microalgas com alta produtividade de óleo são as mais desejadas devido ao bom rendimento no processo de extração. A Tabela 1 relaciona algumas espécies de microalgas com o seu respectivo teor lipídico.

Tabela 1. Conteúdo lipídico de algumas espécies de microalgas. Adaptado da referência [22]

Espécie de microalga	Teor lipídico (% em peso seco)
<i>Botryococcus braunii</i>	25 – 75
<i>Chlorella sp.</i>	28 – 32
<i>Cryptothecodinium cohnii</i>	20
<i>Cylindrotheca sp</i>	16 – 37
<i>Dunaliella primolecta</i>	23
<i>Isochrysis sp.</i>	25 – 33
<i>Monallanthus salina</i>	> 20
<i>Nannochloris sp.</i>	20 – 35
<i>Nannochloropsis sp</i>	31 – 68
<i>Neochloris oleoabundans</i>	35 – 54
<i>Nitzschia sp</i>	45 – 47
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	20 – 30
<i>Schizochytrium sp</i>	50 – 77
<i>Tetraselmis sueica</i>	15 – 23

Conforme mostrado na Tabela 1, a porcentagem de lipídeos presentes em algumas espécies de microalgas possui um valor elevado. Porém as mesmas necessitam de um conjunto de características importantes além da produtividade de lipídeos para se tornarem fonte de biodiesel, como por exemplo, possuir uma parede celular fina. Uma das espécies que se apresenta como uma fonte promissora é a *Botryococcus braunii* [24].

As microalgas apresentam um crescimento extremamente rápido, podendo duplicar sua biomassa em menos de 24 h devido à sua eficiência fotossintética [25].

3.2.2 Cultivo

Existem três tipos de sistema para a produção de biomassa a partir de microalgas: autotróficos, heterotróficos e mixotróficos. Os sistemas autotróficos utilizam a luz do sol como fonte de energia e o CO_2 para crescimento. Já os sistemas heterotróficos utilizam compostos orgânicos (glicose, acetato) como principal fonte de energia e carbono para o desenvolvimento das espécies. Os sistemas mixotróficos por sua vez utilizam os dois modos de produção de biomassa, apresentando duas fases [2].

Considerando o tipo de produção autotrófica, o cultivo das microalgas pode ser realizado em sistemas abertos, fechados ou híbridos. Cada um desses sistemas possui suas vantagens e desvantagens, já que as microalgas são organismos sensíveis que precisam de condições adequadas para um bom desenvolvimento.

Os sistemas fechados utilizam os fotobiorreatores, os quais são sistemas recentes que ainda não estão muito disseminados devido ao alto custo de investimento. Já os sistemas abertos podem ser extensivos, onde não há esforços para o manejo de cultura; ou intensivos, onde se utiliza algum tipo de manejo para movimentação da cultura com o intuito de aumentar a produtividade [2].

3.2.2.1 Lagoas Fotossintéticas de Alta Carga

As lagoas fotossintéticas de alta carga fazem parte de técnicas de cultivo do sistema aberto que utilizam as lagoas ou tanques abertos para cultivo de microalgas. Dessa maneira podem-se utilizar lagos ou lagoas naturais, ou até mesmo artificiais. Uma das maiores vantagens desse sistema é a facilidade de construção e operação. As limitações do cultivo aberto podem incluir a não absorção eficiente da luz pelas microalgas, perdas evaporativas, perda de CO_2 para a atmosfera, contaminação da cultura por espécies indesejadas e até mesmo por organismos que se alimentam de algas [21,26].

Já o cultivo das microalgas em reatores abertos torna o processo mais viável economicamente, mas esse sistema de cultivo reduz as condições de controle, aumentando o risco de contaminação e perda de cultura. Para uma produção em larga escala é necessária uma seleção de espécies de microalgas que sejam mais resistentes à contaminação ou até mesmo que sejam modificadas geneticamente para evitar grandes perdas na hora do cultivo [23].

Esse sistema de cultivo é menos custoso do que os sistemas fechados por apresentar custos baixos de construção e operação. Contudo, esse método de cultivo possui uma baixa produtividade se comparado com os fotobiorreatores. [22]

A Figura 4 mostra um projeto de sistema de lagoa fotossintética para um cultivo aberto, onde é construído um circuito fechado por onde as microalgas circulam. A roda de pás é responsável pela mistura e pela circulação das espécies. O fluxo é guiado a partir de defletores inseridos nas curvas, ao longo do percurso de circulação. Durante o dia a cultura é alimentada continuamente, e o caldo é recolhido após completar o circuito [22].

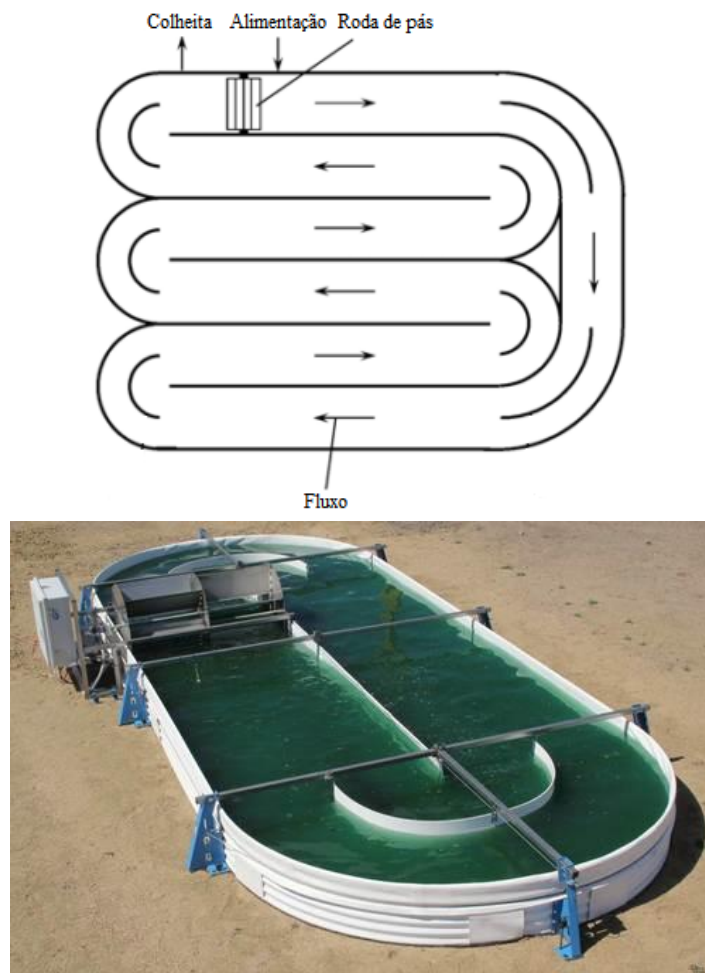


Figura 4. Projeto de uma lagoa fotossintética. Adaptado da referência [22,27].

3.2.2.2 Fotobiorreatores

Um fotobiorreator é um equipamento fechado que permite um maior controle das condições de cultivo e que gera uma maior produtividade algal [26]. Por ser um sistema fechado que tem uma menor exposição ao ambiente, os riscos de contaminação e uma consequente perda de cultura são bem menores [25].

Um fotobiorreator tubular é constituído por vários tubos transparentes e retos como pode ser observado na Figura 5, geralmente fabricados em vidro ou plástico para captura de luz [22].



Figura 5. Fotobiorreator tubular [28].

Esse tipo de sistema precisa de arrefecimento durante o dia, e o controle da temperatura também é importante à noite, para evitar perdas de biomassa. Um fotobiorreator possui um rendimento de óleo por hectare muito maior do que um sistema aberto [22].

3.2.3 Colheita da Biomassa

A colheita da biomassa é realizada a partir da remoção da água presente no meio de cultivo. Essa remoção pode ser feita com a utilização de alguns métodos como floculação, flotação, centrifugação e sedimentação. É um processo

relativamente complicado devido ao fato das células das microalgas possuírem um tamanho muito reduzido (3 – 30 μm) [29].

O custo da recuperação de biomassa é alto dentro do processo de produção do biodiesel. Os valores para a recuperação da biomassa obtida nos fotobiorreatores representam apenas uma parcela do custo de recuperação da biomassa nos sistemas abertos, e isso mostra que o processo de colheita da biomassa em fotobiorreatores é menos custoso. O custo de produção de 1 kg de biomassa microalgal é \$2.95 em fotobiorreatores e \$3.80 nos sistemas abertos. A concentração de biomassa produzida nos fotobiorreatores é cerca de 30 vezes maior do que a quantidade produzida no sistema aberto. Em comparação com as lagoas de alta carga (sistema aberto), um menor volume de matéria deve ser produzido nos fotobiorreatores para se obter a mesma quantidade de biomassa [21].

3.2.3.1 Floculação

A adição de agentes floculantes tem como principal objetivo favorecer a sedimentação das microalgas. Os floculantes mais utilizados são o sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), o cloreto de ferro III (FeCl_3) e o sulfato de ferro III ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$). Após a floculação a biomassa pode ser recolhida por decantação ou flotação. Há também a possibilidade de utilização de alguns agentes floculantes naturais. Alguns exemplos de floculantes naturais que podem ser utilizados são a quitosana, que é um polissacarídeo catiônico produzido a partir da quitina, e *Moringa oleífera* (Acácia-branca) [30].

Udom *et al.* [31] realizaram alguns testes de floculação com a espécie de microalga *Chlorella sp.*, e realizando alguns estudos comparativos montaram a Tabela 2.

Tabela 2. Dados experimentais do processo de floculação com a espécie *Chlorella sp* utilizando diferentes coagulantes. Adaptado da referência [31]

Coagulante	Dose ótima (mg L ⁻¹)	Turvação (NTU)	Sólidos suspensos totais (mg L ⁻¹)	Taxa de recuperação (%)
Cloreto de ferro III	122	7,65	15	93
Sulfato de alumínio	140	5,4	30	91
Polímero catiônico (Zetag 8819)	34	6,05	20	98
Polímero aniônico (E-38)	-	760	> 500	0
<i>Moringa oleifera</i>	4670	20	25	85
<i>Opuntia ficus-indica</i> <i>cactus</i>	-	740	> 500	0

Percebe-se, a partir da Tabela 2, que o cloreto de ferro, o sulfato de alumínio e o polímero catiônico são bons floculantes, com destaque maior para esse último pela necessidade de uma dosagem menor para obter bons resultados.

3.2.3.2 Flotação

Esse é um processo de separação sólido-líquido bastante utilizado no tratamento de águas, que consiste na introdução de bolhas de ar. Sendo assim, as partículas se aderem às bolhas formando uma espuma que pode ser removida da solução [30].

O processo de flotação é utilizado para recolher a biomassa algal, mas por se tratar de um processo mais custoso do que a floculação e decantação, não é muito utilizado [30].

3.2.3.3 Centrifugação

As microalgas podem ser colhidas pelo método de centrifugação. É uma técnica rápida, mas que necessita de uma grande quantidade de energia. A

centrifugação é um processo mecânico que utiliza a força centrífuga para a separação dos componentes [29]. Uma das desvantagens dessa técnica é que pode ocasionar o rompimento das células das microalgas [32].

3.2.3.4 Sedimentação

A sedimentação é um método mecânico que separa as partículas com a utilização da força gravitacional. Para a recuperação de biomassa de microalgas, a sedimentação é caracterizada por uma alta eficiência energética e é amplamente utilizada [33].

3.2.4 Secagem da Biomassa

O objetivo desse processo é remover a umidade presente nas microalgas. Existem diferentes métodos de secagem de biomassa, e a escolha vai depender do destino final desse substrato. O método mais utilizado, industrialmente, é o filtro de prensas pela sua eficiência [31].

Os métodos utilizados para secagem de microalgas incluem secagem por pulverização, secagem em tambor, liofilização e secagem ao sol. A secagem por pulverização é um método utilizado quando o produto final obtido a partir das microalgas é um produto com um alto valor agregado [29].

3.2.5 Extração do Conteúdo Lipídico das Microalgas

As microalgas possuem um alto conteúdo de lipídeos, e mesmo assim é possível aumentar essa concentração à partir da otimização de alguns fatores determinantes para o crescimento das microalgas. Esses fatores podem ser a quantidade dos níveis de nitrogênio, a intensidade de luz, a temperatura, a concentração de CO₂ e os processos de recuperação da biomassa [34].

A concentração de lipídeos é um indicador dos custos potenciais da produção do biocombustível. A presença de membrana celular nas microalgas torna extremamente difícil a extração dos lipídeos do seu interior, e por isso a biomassa precisa passar por um processo que provoque a quebra celular [34].

Sendo assim, a extração de lipídeos é feita na maioria dos casos pela extração com solventes, sendo que os dois solventes mais utilizados são o éter de

petróleo e o éter etílico. O resíduo obtido não é caracterizado somente pela presença de lipídeos, mas também por outros compostos que podem acabar sendo extraídos junto com os lipídeos como os ácidos graxos livres, clorofila, pigmentos, ceras e outros compostos [35].

3.2.6 Tecnologias de Conversão de Biocombustíveis a partir das Microalgas

A produção de energia de origem microalgal, quando comparada com outras fontes renováveis de energia, possui a vantagem de que as microalgas fixam grandes quantidades de CO₂. O processo de conversão de biomassa em energia depende da origem e do destino final dessa biomassa. As conversões energéticas podem ser separadas em duas categorias: conversão termoquímica e conversão bioquímica. A Tabela 3 mostra os produtos que podem ser obtidos a partir dessas duas rotas de conversão energética da biomassa algal [34].

Tabela 3. Rotas de conversão energética da biomassa. Adaptado da referência [34]

Conversão Termoquímica		Conversão Bioquímica	
Técnica	Produto(s)	Técnica	Produtos(s)
Gaseificação	Gás de síntese	Digestão Anaérobica	Metano e Hidrogênio
Liquefação Termoquímica	Bio-óleo	Fermentação Alcoólica	Etanol
Pirólise	Bio-óleo, gás de síntese, carvão vegetal	Produção fotobiológica de hidrogênio	Hidrogênio
Combustão direta	Eletricidade	-	

Observa-se a partir desses dados que as microalgas podem ser aproveitadas energeticamente de diversas maneiras, e a escolha da tecnologia de conversão de biomassa resulta em diferentes produtos finais.

A Figura 6 mostra que a partir das microalgas podem ser obtidos diferentes produtos com diferentes valores agregados. Atualmente, os produtos das microalgas

abastecem principalmente o mercado de nutrição, higiene pessoal e cosmética por se tratar de produtos com um maior valor agregado. A viabilidade econômica para produção em larga escala de produtos com um menor valor agregado ainda não foi alcançada, mas algumas tecnologias já estão sendo desenvolvidas para que essa produção se torne viável [23].



Figura 6. Produtos obtidos a partir das algas [23].

3.2.7 Síntese do Processo de Produção de Biodiesel a Partir de Microalgas

Após a extração do conteúdo lipídico das microalgas, pode-se iniciar o processo de conversão do óleo extraído a biodiesel. Esse processo geralmente é feito pelo método de transesterificação, como mostrado na Figura 3 [30]. Teoricamente, na reação de transesterificação a relação entre matéria prima e produto é de 1:1, o que significa que, teoricamente, 1 kg de óleo resulta em 1 kg de biodiesel [36].

As pesquisas utilizadas com microalgas para produção de biodiesel têm se baseado na escolha de espécies com alto teor lipídico e nos processos realizados para aumentar essa concentração. Os esforços de pesquisa pouco investem em novas tecnologias de conversão do óleo em biodiesel [30].

A produção de biodiesel a partir de microalgas envolve desde a seleção das espécies de alga até a obtenção final do biodiesel como pode ser observado no fluxograma da Figura 6.

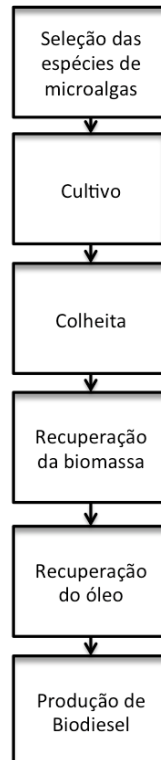


Figura 7. Fluxograma das etapas de produção do biodiesel a partir de microalgas.

Brennan & Owende [34] descrevem as principais vantagens da utilização de microalgas na produção de biocombustíveis, sendo elas:

- microalgas são capazes de produzir óleo o ano todo, e a produtividade de biodiesel é superior quando comparada com outras oleagionosas;
- crescem em meio aquoso, mas necessitam de menos água do que as culturas terrestres;
- podem ser cultivadas em água salobra e em terras não cultiváveis, minimizando os impactos ambientais e a disputa por terras cultiváveis;
- apresentam um potencial de crescimento rápido e muitas espécies têm teor de óleo na faixa de (20 – 50) % de peso seco;
- produção de biomassa de microalgas efetua biofixação do CO₂;

- os nutrientes necessários para o cultivo de microalgas podem ser obtidos a partir de águas residuais, destacando a possibilidade na utilização das mesmas para o tratamento de efluentes orgânicos da agroindústria;
- podem também produzir valiosos co-produtos tais como proteínas e biomassa residual que podem ser utilizadas como alimento ou fertilizantes.
- a composição bioquímica da microalga pode ser melhorada por variação das condições de crescimento, aumentando dessa forma o rendimento na produção de biodiesel;
- são capazes de produzir biohidrogênio.

Devido às inúmeras vantagens de se utilizar as microalgas para produção de biocombustíveis muitas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de tornar a produção mais viável e fazer novas descobertas.

O biodiesel microalgal ainda está em uma fase de desenvolvimento e pesquisa, e muitos avanços podem ser alcançados para uma melhoria dos custos de produção e do rendimento dos processos. Todos os fatores positivos despertam um grande interesse por essa tecnologia.

3.3 Prospecção tecnológica

O desenvolvimento de um país é acompanhado pelo surgimento de novas tecnologias que buscam inovação e melhoria. A sociedade precisa estar preparada para o dinamismo que as descobertas tecnológicas proporcionam. O conhecimento tecnológico pode direcionar as tomadas de decisão definindo possíveis rotas a serem seguidas. Devido a esses fatores os estudos prospectivos se tornaram mais frequentes como uma forma de tentativa de “previsão” do futuro para diminuir riscos e incertezas.

Segundo Kupfer & Tigre [37] “a prospecção tecnológica pode ser definida como um meio sistemático de mapear os desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros capazes de influenciar de forma significativa uma indústria, a economia ou a sociedade como um todo”. A realização de um estudo prospectivo pode identificar tecnologias emergentes que possam gerar um maior benefício social e econômico.

O mundo encontra-se em constante transformação e as técnicas prospectivas surgem como base para se obter uma visão do que poderá acontecer. A prospecção tecnológica pode ser de grande valia para um melhor gerenciamento dos gastos, tanto públicos quanto privados, uma vez que pode mostrar se algum processo pode ser viável ou não. Assim, evita-se o desperdício de dinheiro antes de se investir financeiramente em algo, visto que já foi realizado um estudo sobre aquele determinado tema.

Existem quatro atitudes possíveis ao se tratar de uma mudança tecnológica. A primeira delas é a atitude pós-ativa na qual a sociedade apenas sofre as consequências das mudanças. A segunda é a atitude reativa na qual só depois de ocorrido algum fato é que a organização reage. A terceira é a atitude pré ativa, na qual existe uma preparação para as mudanças que ocorrerão e a última é a atitude pró ativa, na qual as mudanças são promovidas pela própria sociedade [38].

Observa-se que no caso da prospecção tecnológica a atitude tomada é uma atitude pré ativa, na qual a sociedade pode se preparar para as mudanças que uma determinada tecnologia pode trazer através da busca por informações.

Diversas terminologias são utilizadas para a prospecção tecnológica, sendo que os termos mais utilizados em inglês são: *Future Studies*, *Foresight* e *Forecasting*.

3.3.1 Future Studies, Foresight e Forecasting

De acordo com Martino [39] o termo *forecasting* é visto como um método de previsão da situação futura de uma tecnologia, método ou técnica. Esse termo baseia-se na análise racional da situação futura de algo com base nos acontecimentos passados, portanto essa forma de prospecção não se baseia em crenças e sim em acontecimentos cronológicos. Esse método de prospecção baseia-se em quatro elementos:

- o tempo de previsão;
- a tecnologia a ser estudada;
- a exposição das características da tecnologia;
- a probabilidade associada à previsão.

A prospecção tecnológica pode ser entendida como o processo de criação de uma perspectiva para acontecimentos futuros. O termo *foresight* se baseia na premissa de que métodos quantitativos e qualitativos sejam usados para indicação de tendências, e esse método é muito utilizado na análise dos impactos que uma determinada política pública pode causar na sociedade [40]. Já a abordagem *foresight* possui uma característica subjetiva, uma vez que faz uso da opinião e do conhecimento de especialistas acerca do assunto estudado [3]

Future Studies é um termo amplo que abrange o estudo da compreensão das condições futuras do desenvolvimento e das escolhas atuais [41]. Alguns autores consideram que *future studies* e *foresight* estão mais baseados em opiniões de especialistas podendo ter uma maior aplicabilidade, enquanto *forecasting* se classifica mais como um método quantitativo [42]. É bastante comum a mesclagem desses dois termos na realização de um trabalho prospectivo.

3.3.2 Métodos de Prospecção

A atividade de prospecção é uma tarefa muito complicada pelo fato de se tratar de uma tentativa de projeção do futuro. É preciso escolher métodos que favoreçam a confiabilidade dos dados e que não sejam tão subjetivos, evitando a incerteza da prospecção. Antes de se iniciar a prospecção, os métodos devem ser cuidadosamente avaliados para a obtenção de resultados mais confiáveis.

De acordo com Porter *et al.* [45], os métodos prospectivos podem ser classificados nas seguintes divisões: criatividade, métodos descritivos e matrizes, métodos estatísticos, opinião de especialistas, monitoramento e sistemas de inteligência, modelagem e simulação, cenários, análise de tendências, e sistemas de avaliação e decisão. A Tabela 4 descreve cada um dos métodos de prospecção tecnológica.

Tabela 4. Quadro de descrição dos métodos de prospecção tecnológica [46].

Método	Descrição
Criatividade	Encontrar métodos e objetivos para execução de algo de uma maneira nova criando um futuro alternativo.
Métodos Descritivos e Matrizes	Método que depende da disponibilidade de dados e da compreensão de modelagens e das tecnologias.
Métodos Estatísticos	Identificação e medição do efeito de uma ou mais variáveis independentes sobre o efeito de uma variável dependente.
Opinião de Especialistas	É considerado um método qualitativo, geralmente utilizado quando a informação não pode ser quantizada devido à indisponibilidade de alguns dados.
Monitoramento e Sistemas de Inteligência	É fundamental para qualquer prospecção. Consiste no processo de monitoramento do ambiente em busca de informações do tema a ser prospectado.
Modelagem e Simulação	Criação de modelos computacionais que possam auxiliar no entendimento da dependência das variáveis estudadas.
Cenários	Busca construir a representação do futuro destacando tendências dominantes.
Análise de Tendências	Baseado na hipótese de que os padrões do passado serão mantidos no futuro.
Sistemas de Avaliação e Decisão	Tratamento de inúmeros pontos de vistas permitindo ampliação ou redução dos aspectos a serem considerados

A partir da análise da Tabela 4, percebe-se que existem inúmeros métodos de prospecção tecnológica e que a escolha de apenas um deles torna o estudo muito limitado, diminuindo assim a confiabilidade do mesmo. Para a obtenção de melhores resultados, é necessária a utilização de uma mesclagem de métodos.

A tecnologia deve ser analisada levando em consideração os aspectos ambientais, sociais, econômicos e políticos, pois na hora de se tomar uma decisão, todos esses aspectos devem ser analisados e discutidos [46].

A escolha dos métodos a serem utilizados para a prospecção deve ser cautelosa assim como se deve levar em consideração a disponibilidade de dados sobre o assunto a ser analisado. A prospecção tecnológica deve servir como subsídio para o apoio de alguma tomada de decisão, mostrando a viabilidade do processo. É também um instrumento que pode ser utilizado como base para a tomada de decisões políticas de forma estratégica.

3.3.3 Vantagens e Desvantagens dos Métodos de Prospecção Tecnológica

Cada método possui a sua limitação de aplicação e por isso são utilizados mais de um método na tentativa de obter uma projeção dos acontecimentos futuros para determinada tecnologia, ação ou processo. A escolha do método depende das necessidades de cada caso.

Os métodos de prospecção são divididos em seis categorias, e cada um deles apresenta suas limitações, as quais foram descritas na Tabela 5, e podem auxiliar na escolha dos métodos a serem utilizados nesse trabalho.

Tabela 5. Quadro de limitações dos métodos de prospecção. Adaptado da referência [42]

Método	Vantagens	Desvantagens
Monitoramento e Sistemas de Inteligência	Produz uma grande quantidade de informações. Pode ser utilizada no início de uma prospecção para contextualização do assunto.	As informações que são coletadas estão mais relacionadas ao presente e ao passado precisando de uma análise para identificação do futuro.
Tendências	É baseada em parâmetros quantificados.	Requer coleta de dados ao longo de um período razoável de tempo e só serve para parâmetros quantificáveis.
Opiniões de Especialistas	A intuição ganha espaço na prospecção, incorporando aqueles que realmente entendem da área que está sendo estudada.	A dificuldade na identificação dos especialistas e pode haver divergência e ambiguidades entre as opiniões.
Cenário	Apresenta riqueza de dados e permite a definição de uma ação. Se complementado com outros métodos pode apresentar dados tanto quantitativos como qualitativos.	Dificuldade de obtenção das informações necessárias.
Métodos Computacionais/ Ferramentas Analíticas	Exibem comportamentos de sistemas complexos e possibilidade de análise e tratamento de grandes quantidades de dados. Alguns sistemas podem oferecer possibilidade de incorporação de opiniões humanas.	Pode apresentar resultados de má qualidade que não demonstram a realidade e que possuem pouca aplicabilidade.
Criatividade	Os futuros alternativos são percebidos com uma maior facilidade. É excelente para ser utilizado no início do processo.	Se essa análise for mal conduzida pode levar a descrença do projeto.

3.4 Análise de Patentes

As mudanças tecnológicas podem ser entendidas como um processo que segue uma tendência, ou seja, o que está sendo feito hoje refletirá no que será feito no futuro. As informações utilizadas para a realização desse estudo devem ser obtidas a partir de dados confiáveis para que se obtenha uma projeção adequada do futuro.

Alguns dos dados necessários para a realização da prospecção encontram-se em bancos de dados de patentes. A patente constitui um direito temporário e exclusivo de exploração de uma nova tecnologia concedido pelo Estado. A análise de patentes baseia-se no pressuposto de que o aumento do interesse por novas tecnologias reflete no aumento das atividades de P&D, gerando novas tecnologias que podem ser depositadas nos bancos de patentes. Assume-se que a análise de patentes, já existentes sobre determinados assuntos, pode gerar outras tecnologias [42].

O escritório responsável pela concessão de patentes no Brasil é o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), e a utilização desse meio caracteriza-se pelo fácil acesso e por se tratar de uma base de dados confiável. Os dados disponíveis em bancos de patentes constituem uma ferramenta de muita relevância para o entendimento do que está sendo feito sobre uma determinada tecnologia e futuro estudo prospectivo.

4. METODOLOGIA

A prospecção tecnológica pode fazer uso de informações provenientes de patentes, uma vez que esses documentos se mostram um instrumento eficaz para o entendimento do que está sendo realizado sobre uma determinada tecnologia, permitindo a identificação de rotas tecnológicas que podem proporcionar pesquisa, desenvolvimento e inovação (P&DI).

A metodologia desse trabalho pode ser dividida em duas partes. A primeira consistiu em uma etapa pré-prospectiva, que se fundamenta na revisão bibliográfica para o entendimento dos conceitos de produção de biodiesel a partir de microalgas e a prospecção tecnológica. Essa primeira etapa visou a construção do conhecimento para uma melhor compreensão dos assuntos abordados no trabalho. A segunda parte consistiu na realização da prospecção tecnológica, que foi feita a partir da mesclagem de alguns métodos de prospecção para a obtenção de melhores resultados. Os métodos escolhidos foram:

- análise de tendências;
- métodos computacionais/ferramentas analíticas;
- monitoramento de sistemas;
- cenário.

Esse estudo se baseou na análise de tendências visando a construção de um mapeamento tecnológico para a produção de biodiesel a partir de microalgas no Brasil. A abordagem utilizada nesse trabalho foi uma abordagem quantitativa e exploratória, por se basear nos dados disponíveis no banco de patentes.

Foi realizado o rastreamento de patentes nacionais relacionadas a microalgas para a construção de um mapeamento tecnológico, o qual abordou as tecnologias que estão sendo utilizadas para a obtenção do biodiesel a partir de microalgas. Esse processo de análise das patentes englobou tanto patentes que estão diretamente relacionadas ao uso das microalgas para a obtenção do biodiesel, quanto as patentes que dizem respeito apenas a alguma etapa desse processo.

A base de dados que foi utilizada é uma base nacional (INPI) [43] uma vez que o principal objetivo do trabalho era identificar as principais tendências tecnológicas que estão sendo aplicadas no Brasil. Foram escolhidas duas palavras-

chave utilizadas para a pesquisa no banco de patentes. As palavras escolhidas foram: “*produção de biodiesel a partir de microalgas*” e “*microalgas*”.

Para o auxílio da construção do mapeamento tecnológico foi utilizada a base de dados *Orbit Intelligence* [44], a qual cobre publicações de patentes de mais de 90 escritórios. Além disso, essa base de dados oferece também acesso aos documentos de pedidos de patentes em mais de 40 países. Nesse programa, as publicações são agrupadas em famílias de patentes [47].

Em resumo, a metodologia do trabalho pode ser pontuada conforme esquema abaixo.

Etapa 1 - Construção do conhecimento.

- Fundamentação teórica sobre os conceitos de produção de biodiesel a partir de microalgas.
- Fundamentação teórica sobre prospecção tecnológica.
- Definição dos termos de busca.

Etapa 2 - Prospecção tecnológica

- Coleta de dados INPI.
- Utilização da plataforma *Orbit intelligence*.
- Tratamento de dados.
- Análises e interpretação dos dados.
- Mapeamento tecnológico.

As pesquisas nas bases de patentes foram realizadas entre os meses de setembro e outubro de 2017. Foram abordadas patentes depositadas entre os anos de 1997-2017.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo realizado possibilitou a identificação de um panorama geral a respeito das utilizações das microalgas, identificando as principais aplicações para esses microrganismos.

Inicialmente, a pesquisa efetuada com a palavra chave “*microalgas*” retornou 75 resultados de patentes, enquanto a combinação de palavras chave “*produção de biodiesel a partir de microalgas*” retornou apenas dois resultados, os quais estão inseridos nos 75 encontrados sobre microalgas. Esses resultados mostram que os pedidos de depósitos diretamente relacionados com a produção de biodiesel de microalgas ainda são muito limitados.

Mas de forma indireta, diversas patentes tratam da otimização de alguma parte do processo produtivo do biodiesel como, por exemplo, o cultivo e o aumento do teor lipídico das espécies de microalgas. As patentes relacionadas ao cultivo representam grande parte das patentes depositadas uma vez que quanto mais desenvolvido o método de cultivo, maior é a produtividade e menores são os riscos de perdas de cultura.

As análises de patentes do presente trabalho foram realizadas entre os meses de setembro e outubro de 2017. As patentes utilizadas no estudo foram depositadas entre os anos de 1997-2017, uma vez que as patentes só são válidas durante 20 anos a partir da data de depósito. Com o auxílio do programa Questel Orbit foi possível identificar as situações das patentes encontradas. Essa situação está demonstrada na Figura 7.

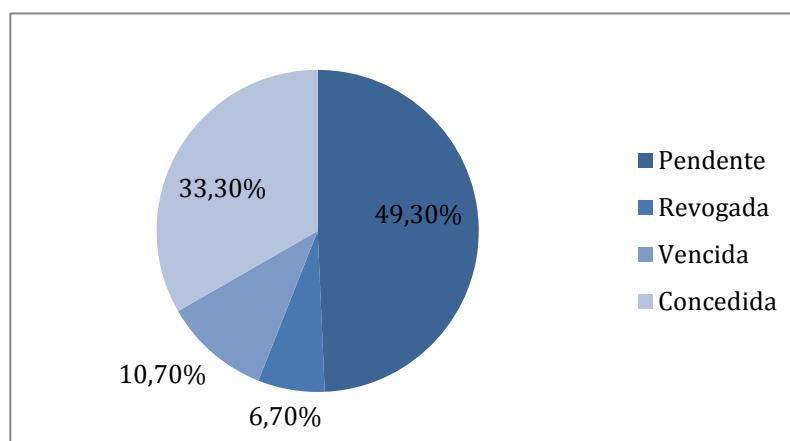


Figura 8. Status legal das patentes relacionadas a microalgas. Adaptado da referência [44].

A análise da Figura 7 permitiu identificar que só 33,3% das patentes estão concedidas enquanto 43,9% das patentes ainda estão pendentes. Isso se deve ao fato de que o processo de registro de uma patente passa por várias etapas, e não é um recurso rápido por se tratar de um processo legal que possui prazos e requisitos a serem cumpridos.

O processo de solicitação de uma patente no INPI se inicia com o depósito do pedido, a etapa seguinte consiste na realização de um exame formal preliminar, que avalia se o pedido atende os requisitos mínimos para ser analisado. É importante ressaltar que a patente se torna pública após 18 meses a partir da data de depósito. Depois da patente publicada o depositante tem até 36 meses para solicitar o pedido de exame. No final do processo é obtido um parecer técnico definitivo que decidirá se a patente será concedida ou não [48].

Esse registro mostra que uma grande parte dos processos relacionados às microalgas se encontra pendente, uma vez que o processo de concessão da patente é demorado e constituído de várias etapas. Isso também mostra que a análise de patentes é um estudo que precisa ser constantemente renovado já que novas patentes são depositadas, concedidas e outras vencidas.

5.1 Cobertura Geográfica das Patentes

Ao utilizar a base de dados INPI com a palavra-chave “*microalgas*” foram encontradas 75 patentes depositadas no Brasil, mas é importante ressaltar que algumas patentes, apesar de estarem depositadas no Brasil, não são nacionais. As patentes foram analisadas de acordo com o primeiro país de depósito, e assim foi possível a identificação da situação dos países com relação à inovação e tecnologia acerca das microalgas.

A Tabela 6 mostra um panorama dos países detentores da tecnologia depositada no INPI e da quantidade de depósitos.

Tabela 6. Países que depositaram patentes sobre microalgas no Brasil. Adaptado da referência [43]

País	Quantidade
Alemanha	1
Brasil	27
Chile	1
China	1
Espanha	1
Estados Unidos	15
França	21
Índia	2
Israel	1
Itália	3
Japão	1
Reino Unido	1
Total	75

De acordo com a Tabela 6 pode-se afirmar que o Brasil é o detentor da maior quantidade de patentes relacionadas às microalgas, e isso se deve ao fato de que as condições climáticas favorecem o cultivo das mesmas e com isso novas tecnologias estão sendo descobertas e exploradas no nosso país a respeito desse assunto.

Logo após o Brasil, o segundo país que mais realizou depósitos de patentes foi à França. Pode-se relacionar isso com o fato de que em 2010 um estudo dirigido por um laboratório francês decifrou o genoma da microalga *chlorella*. Esta alga é bastante interessante para a produção de biodiesel, uma vez que possui um significativo conteúdo lipídico [49]. Essa descoberta pode ter impulsionado as outras pesquisas e consequente o depósito de patentes.

A análise da tabela 6 permite identificar que 36% das patentes depositadas no Brasil são nacionais enquanto 64% são patentes internacionais. O fato dos outros países estarem depositando suas patentes no Brasil pode estar relacionado ao objetivo de se explorar o nosso território nacional com as tecnologias desenvolvidas por esses países. Isso se dá ao fato de que o Brasil possui condições climáticas adequadas para o cultivo das microalgas e, além disso, empresas internacionais que estão mais avançadas nesse tipo de tecnologia podem utilizar a oportunidade de disponibilidade de mão de obra mais barata para crescer mundialmente.

Ao mostrar a relação dos países que inventaram as patentes e as depositaram no Brasil (Tabela 6) é possível identificar a relação dos países detentores daquela tecnologia. Com o auxílio da ferramenta de análise disponível no programa *Orbit Intelligence* foi obtido um mapeamento geográfico para saber, não os países detentores da tecnologia, mas sim onde essas patentes estão depositadas ao redor do mundo.

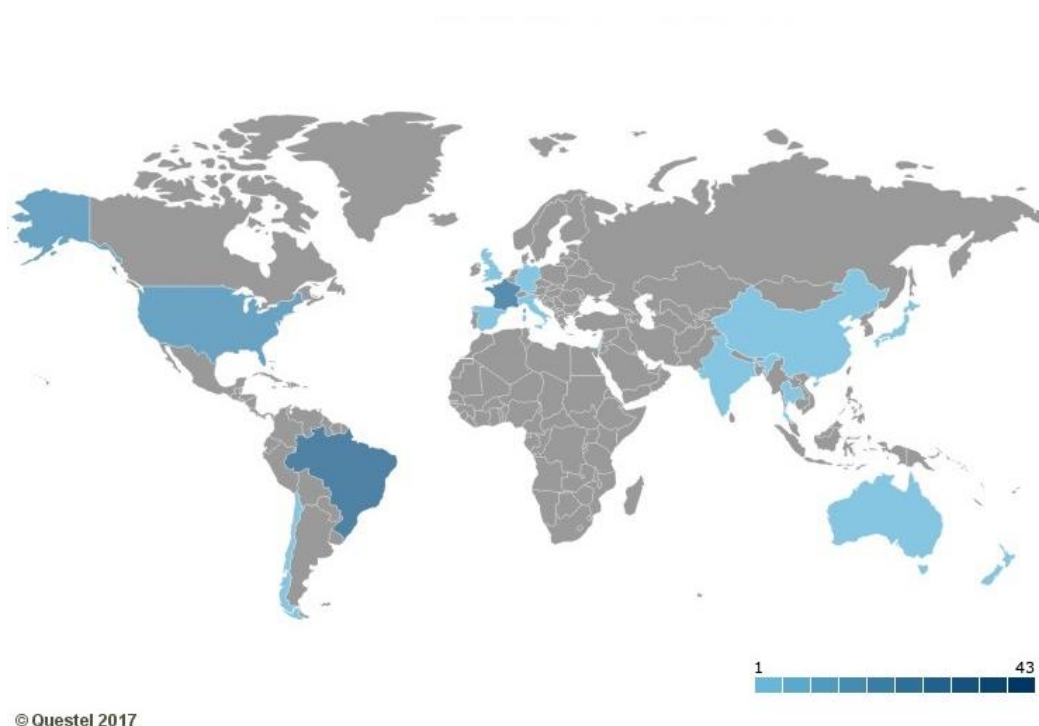


Figura 9. Depósito das patentes ao redor do mundo [44].

A partir da interpretação da Figura 8 pode-se perceber que o Brasil e a França, além de serem os principais países detentores das patentes no Brasil, também são os dois principais países onde essas patentes estão depositadas. Pode-se verificar também que a Austrália não é a inventora de nenhuma patente depositada aqui no Brasil sobre microalgas, contudo alguns países detentores da tecnologia fizeram alguns depósitos lá.

O fato dos países inventores das patentes as depositar em vários países mostra a intenção de proteção dessas tecnologias a nível mundial. Essa ação impede que terceiros utilizem as inovações trazidas pela nova tecnologia sem que haja algum tipo de acordo ou autorização dos inventores de uma determinada técnica.

5.2 Análise da Autoria das Patentes

Uma análise da autoria das patentes foi realizada a partir dos 75 documentos encontrados, de acordo com o nome do depositante para identificar se a patente foi depositada por empresa, universidade, centro de pesquisa ou pelo próprio inventor. A Figura 9 relaciona a porcentagem do número de patentes depositadas por cada uma dessas categorias.

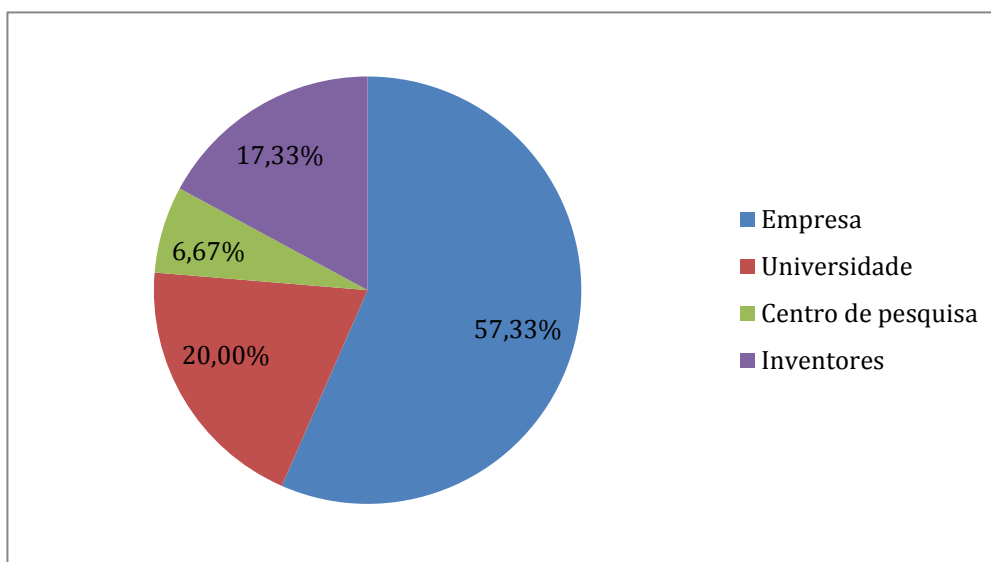


Figura 10. Percentual de depositantes separados por categoria. Adaptado da referência [43]

De acordo com a figura 9, a análise dos indicadores evidencia que o maior interesse pelo desenvolvimento de tecnologias a respeito das microalgas são de empresas, com 57,33% dos depósitos, seguido pelas universidades com 20% dos pedidos de patentes. Cabe salientar que as universidades são grandes polos de geração de conhecimento e de novas técnicas, mas mesmo assim o depósito de patentes é inferior ao das empresas, uma vez que dependem de incentivos governamentais para arrecadar fundos para pesquisa e desenvolvimento. É interessante ressaltar a importância da relação universidade – governo – empresa como uma forma de crescimento do desenvolvimento tecnológico do país [50].

A Chamada MCTI/CNPq Nº 56/2013 - Seleção Pública de Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação para a Produção de Biocombustíveis e Bioprodutos a partir de Microalgas do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) em parceria com o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), financiou projetos de pesquisa com microalgas, e algumas universidades como a Universidade Federal do Paraná (UFPR) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) foram contempladas com esse auxílio para pesquisa [51].

A principal empresa depositante das patentes de microalgas é a Roquette Freres, uma empresa de origem francesa. Desde o início da década de 50 a empresa colocou a pesquisa como principal estratégia de mercado, e isso explica as várias inovações criadas por ela. As atividades de pesquisa da organização referem-se aos campos da bioquímica, microbiologia e controle analítico, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias e aplicações [52].

Um dos processos desenvolvidos e patenteados pela Roquette Freres é um processo de produção fermentativa de uma biomassa de microalgas rica em lipídeos. A invenção se dá a partir da utilização da microalga *chlorella*, onde o quociente respiratório da microalga é controlado pela disponibilidade de oxigênio no fermentador [52].

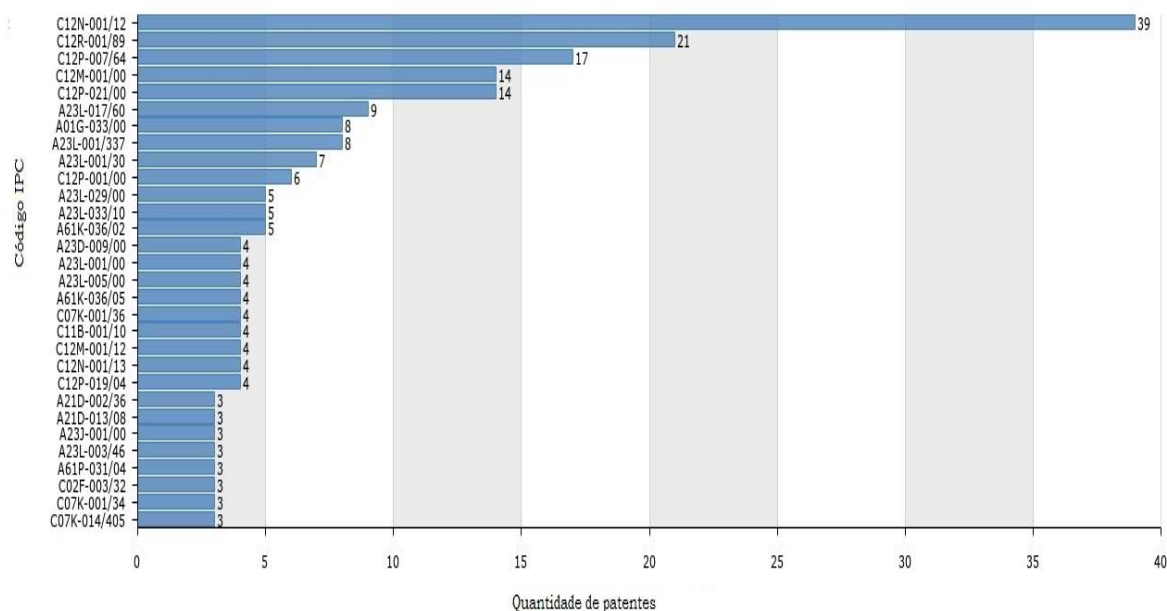
5.3 Classificação das Patentes

De acordo com o INPI a classificação de patentes tem como objetivo inicial estabelecer uma ferramenta de busca eficaz para a recuperação de documentos de patentes com o objetivo de identificar a novidade e avaliar a atividade inventiva.

Todos os pedidos de patentes publicados são classificados na área tecnológica a que pertencem, e isso torna a busca pelas patentes mais direta, uma vez que se pode selecionar a área tecnológica em que se deseja fazer a busca [53].

O INPI adota a Classificação Internacional de Patentes (IPC), que é um sistema de classificação internacional, cujas áreas tecnológicas se dividem da classe A a H. As classes funcionam como um sistema hierárquico, onde em cada classe há subclasses, grupos principais e grupos [53].

A Figura 10 mostra a relação do número da família de patentes depositadas de acordo com a classificação internacional das patentes. É importante ressaltar que uma mesma patente pode se encaixar em mais de uma classificação.



© Questel 2017

Figura 11. Quantidade de publicações de acordo com a classificação IPC [44].

Para uma melhor interpretação da Figura 10 é necessário saber o que cada uma dessas classificações representa. A Tabela 7 apresenta a descrição de acordo com o IPC.

Tabela 7. Descrição das classificações de patentes de acordo com o IPC. Adaptado da referência [44]

Seção A - Necessidades Humanas			
IPC	Classificação de	Quantida	Descrição
	A23L-017/60	9	Algas marinhas comestíveis
	A01G- 033/00	8	Cultivo de algas
	A23L-001/337	8	Alimentos ou produtos alimentícios contendo aditivos
	A23L-001/30	7	Descrição
	A23L-029/00	5	Alimentos ou produtos alimentícios contendo aditivos
	A23L-033/10	5	Modificação nas qualidades nutritivas de alimentos usando aditivos
	A61K-036/02	5	Preparação medicinal
	A23D-009/00	4	Outros óleos ou gorduras comestíveis
	A23L-001/00	4	Alimentos, produtos alimentícios ou bebidas não alcoólicas
	A23L-005/00	4	Preparo ou tratamento de alimentos ou produtos alimentícios em geral
	A61K-036/05	4	Preparação medicinal com algas
	A21D-002/36	3	Tratamento de farinhas ou massa pela adição de material vegetal
	A21D-013/08	3	Produtos de panificação
	A23J-001/00	3	Obtenção de composições a base de proteínas para produtos alimentícios

A23L-003/46	3	Conservação de alimentos por secagem por pulverização
A61P-031/04	3	Agentes antibacterianos
Seção C - Química e Metalurgia		
Classificação IPC	Quantida de	Descrição
C12N-001/12	39	Composição de algas unicelulares e seus meios de cultura
C12R-001/89	21	Micro-organismos: algas
C12P-007/64	17	Preparação de compostos orgânicos: óleos graxos
C12M-001/00	14	Aparelhos para enzimologia ou microbiologia
C12P-021/00	14	Preparação de peptídeos ou proteínas
C12P-001/00	6	Preparação de compostos ou composições pelo uso de micro-organismos
C07K-001/36	4	Processos gerais para preparação de peptídeos por combinação de dois ou mais processos diferentes
C11B-001/10	4	Produção de gorduras ou óleos graxos a partir de matérias primas por extração
C12M-001/12	4	Aparelhos para enzimologia ou microbiologia com meios de esterilização, filtração ou diálise
C12N-001/13	4	Micro-organismos modificados

		pela introdução de material genético exógeno
C12P-019/04	4	Preparação de compostos contendo mais de cinco radicais sacarídeos ligados uns aos outros por ligações glicosídicas
C02F-003/32	3	Tratamento biológico de água, águas residuais ou esgoto por meio das algas
C07K-001/34	3	Processos gerais para preparação de peptídeos por filtração, ultrafiltração ou osmose reversa
C07K-014/405	3	Peptídeos de algas tendo mais de 20 aminoácidos

A seção A, relacionada a *Necessidades Humanas*, apontou 78 patentes classificadas nessa área. A seção C, de *Química e Metalurgia*, apresentou 140 patentes classificadas. Como dito anteriormente, uma mesma patente pode se rotular em mais de uma classificação e a plataforma orbit e por isso o número de patentes classificadas foi bem maior do que o número de patentes analisadas.

O fato da seção C (Química e Metalurgia) possuir o maior número de patentes se deve ao fato de que, atualmente, a indústria química participa de quase todas as cadeias produtivas, desempenhando um papel importante no desenvolvimento das diversas atividades econômicas do mundo [54].

A análise da Tabela 7 permite identificar as inúmeras aplicações das microalgas, que variam desde a indústria alimentícia e farmacêutica, até a de combustíveis. Percebe-se também que a maioria das patentes estão relacionadas com o cultivo e o estudo da composição celular das microalgas, e isso indica que essas patentes podem ser utilizadas para diversas aplicações, inclusive para a produção de biodiesel a partir de microalgas.

De acordo com Sergio Goldemberg, gerente da Algae Biotecnologia, as escolhas erradas e a indefinição das rotas tecnológicas impedem o avanço de novas tecnologias. A Algae Biotecnologia surgiu com o objetivo de produzir combustíveis a partir de microalgas com a meta de se chegar a dois reais por litro. Contudo, essa meta ainda não foi alcançada devido ao fato de que ainda existem muitas questões abertas [55].

As principais questões estão relacionadas com a seleção do melhor método de cultivo. O cultivo aberto é o mais barato, porém os riscos de contaminação e perda de cultura são altos. Já os métodos fechados ainda são mais custosos. As dúvidas também estão relacionadas à escolha do tipo de água (doce, salgada ou salobra) para o cultivo desses microrganismos [55].

Devido a todos esses fatores, pode-se perceber que a produção de biocombustíveis a partir de microalgas ainda é uma técnica que precisa ser mais estudada e aprimorada para uma produção em larga escala. Esses fatores explicam as razões pelas quais muitas empresas utilizam microalgas para outras aplicações, porque o mercado é mais desenvolvido e mais viável economicamente. As empresas se sentem obrigadas a diversificar para se sustentar no mercado, uma vez que a produção de biocombustíveis a partir de microalgas ainda não é economicamente viável.

Com o auxílio do Questel Orbit foi possível obter a Figura 11 que representa a distribuição das famílias de patentes de acordo com os conceitos das patentes, permitindo a identificação dos assuntos que estão sendo mais explorados.

Microalgae⁽⁴³⁾ | Biomass⁽²⁸⁾ | Biomass production⁽²⁷⁾ | Chlorella⁽²⁴⁾ | Photobioreactor⁽²³⁾ | Culture medium⁽²³⁾ | Lipid content⁽²²⁾ | Microalgue⁽²¹⁾ | Culture⁽²¹⁾ | Chlorella vulgaris⁽²⁰⁾ | Lipid⁽²⁰⁾ | Heterotrophic condition⁽¹⁹⁾ | Culture collection⁽¹⁹⁾ | Microalgae growth⁽¹⁸⁾ | Chlorella protothecoide⁽¹⁷⁾ | Microalgae biomass⁽¹⁷⁾ | Texas university⁽¹⁷⁾ | Algae culture collection⁽¹⁶⁾ | Culture condition⁽¹⁶⁾ | Fermentation medium⁽¹⁶⁾ | Algae⁽¹⁶⁾ | Chlorella genus⁽¹⁵⁾ | Microalgal biomass⁽¹⁵⁾ | Microalgae culture⁽¹⁵⁾ | Fermenter⁽¹⁵⁾ | Protein content⁽¹⁵⁾ | Microalgae species⁽¹⁴⁾ | Microalgae cultivation⁽¹⁴⁾ | Cell content⁽¹⁴⁾ | Biofuel⁽¹⁴⁾ | Protothecoide⁽¹³⁾ | Photobioreacteur⁽¹²⁾ | Arthrospira platensis⁽¹²⁾ | Heterotrophic growth⁽¹²⁾ | Microalgae production⁽¹²⁾ | Microalgae cell⁽¹²⁾ | Biomass concentration⁽¹²⁾ | Microalgal flour⁽¹¹⁾ | Polyunsaturated oil⁽¹¹⁾ | Macroalgae⁽¹¹⁾ | Instantaneous expansion⁽¹¹⁾ | Algal biomass⁽¹¹⁾ | Photosynthetic⁽¹¹⁾ | Preculture⁽¹¹⁾ | Lipid rich microalgae⁽¹⁰⁾ | Genus chlorella microalgae⁽¹⁰⁾ | Monounsaturated oil⁽¹⁰⁾ | Chlorella species⁽¹⁰⁾ | Microalga⁽¹⁰⁾ | Intracellular content⁽¹⁰⁾ | Chlorella genus microalgae⁽⁹⁾ | Sorokiniana⁽⁹⁾ | Producing microalgae⁽⁹⁾ | Closed bioreactor⁽⁹⁾ | Genus chlorella⁽⁹⁾ | Microalgae flour⁽⁸⁾ | Heat resistant chlorella vulgaris⁽⁸⁾ | Algae homogenate⁽⁸⁾ | Chlorella⁽⁸⁾ | Origin marinade⁽⁸⁾ | Phototrophic condition⁽⁸⁾ | Chlorella biomass⁽⁸⁾ | Glucose contribution⁽⁸⁾ | Dry matter ranging⁽⁸⁾ | Micronutrient⁽⁸⁾ | Microalgae strain⁽⁸⁾ | Chlorella sorokiniana⁽⁸⁾ | Microalgal cell⁽⁸⁾ | Algal homogenate⁽⁷⁾ | Chlorophyllian pigment⁽⁷⁾ | Microalgal flour batch⁽⁶⁾ | Microalgal flour oil fraction⁽⁶⁾ | Nozzle instantaneous expansion⁽⁶⁾ | Palmaria pal⁽⁶⁾ | Polyunsaturated oil phase⁽⁶⁾ |

© Questel 2017

Figura 12. Distribuição dos resultados de patentes por conceitos [44].

A interpretação da Figura 11 permite inferir que os processos de produção do biodiesel estão sendo estudados separadamente, buscando aprimorar alguns procedimentos básicos da produção.

Pelo estudo preliminar realizado, foi possível identificar as tendências tecnológicas da utilização das microalgas, ressaltando que, apesar de todas as vantagens de se utilizar as microalgas como uma fonte para a produção de biodiesel, não existem muitas patentes que visam apenas à produção do biodiesel. Ficou evidente que as pesquisas se concentram no aprimoramento individual dos processos de obtenção do biodiesel a partir de microalgas, e não no processo de produção completo em si. Isso indica que as tecnologias de produção desse biocombustível ainda estão em processo de evolução.

Observou-se ainda que a microalga que mais possui patentes é a *Chlorella*, a qual pode ser utilizada tanto como uma fonte potencial de alimento quanto de energia, por possuir uma alta eficiência fotossintética. O fato de se apresentarem quantidades relevantes de patentes sobre essa determinada microalga indica que diversas pesquisas estão sendo realizadas sobre ela, e novas tecnologias estão sendo aprimoradas a seu respeito [56].

De um modo geral, as patentes encontradas nesse estudo se enquadram em diversas classificações, mostrando a diversidade de aplicações que esses microrganismos apresentam e podendo variar de acordo com o objetivo de cada depositante. A biomassa microalgal apresentou-se como potencial matéria-prima para a substituição de outros precursores de combustíveis fósseis, mas esses dados preliminares revelaram que sua aplicação em larga escala ainda se encontra em fase de pesquisa e desenvolvimento.

5.4 Análise Temporal das Patentes e Tendências

Uma análise temporal das patentes foi realizada a partir dos dados disponíveis no INPI. Foram verificados e dispostos no gráfico da Figura 12 os anos de depósitos de cada uma das 75 patentes.

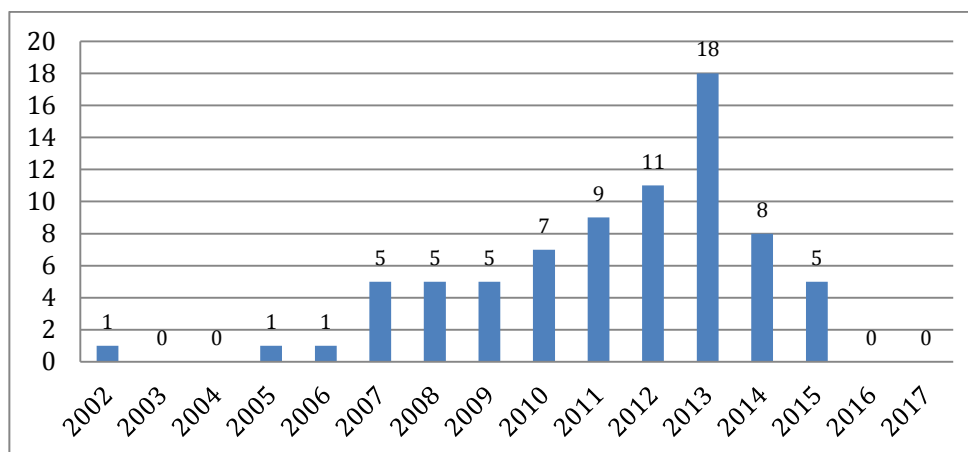


Figura 13. Patentes depositadas por ano. Adaptado da referência [43].

Conforme a Figura 12 pode-se perceber que o depósito de patentes de microalgas começou a aumentar em 2007, sendo que o seu auge foi entre os anos de 2012 e 2013. De acordo com os dados disponíveis pelo INPI, os anos de 2016 e 2017 ainda não possuem registros divulgados de patentes de microalgas, e isso se deve ao fato de que após dar entrada do pedido de patente a mesma fica em sigilo durante 18 meses [57].

Para um melhor desenvolvimento das tecnologias relacionadas à esses microrganismos é importante que se conheça a estrutura genética dos mesmos. Em 2007 foi sequenciado o DNA de uma microalga, e esse fato pode ter impulsionado o aumento das pesquisas sobre esse microrganismo. Nesse mesmo ano, Chisti [22] publicou um artigo onde afirmava que as microalgas tinham potencial para ser uma fonte promissora capaz de atender a demanda de biodiesel para o setor de transporte [23].

Já em 2012 foi sequenciado o genoma de uma microalga com potencial para a produção de biocombustível. Nesse mesmo ano a Petrobrás em parceria com a Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) deu início a testes de cultivo de microalgas marinhas para a produção de biodiesel em uma planta-piloto. Esses acontecimentos podem ter impulsionado novas pesquisas e desenvolvimento de tecnologias com consequente aumento de depósito de patentes nos anos de 2012 e 2013 [23,58].

5.5 Tendências das Patentes

Uma análise preliminar dos assuntos abordados nas 75 patentes foi realizada de acordo com o título e o resumo das patentes, permitindo a identificação dos assuntos abordados conforme apresentado na Figura 13.

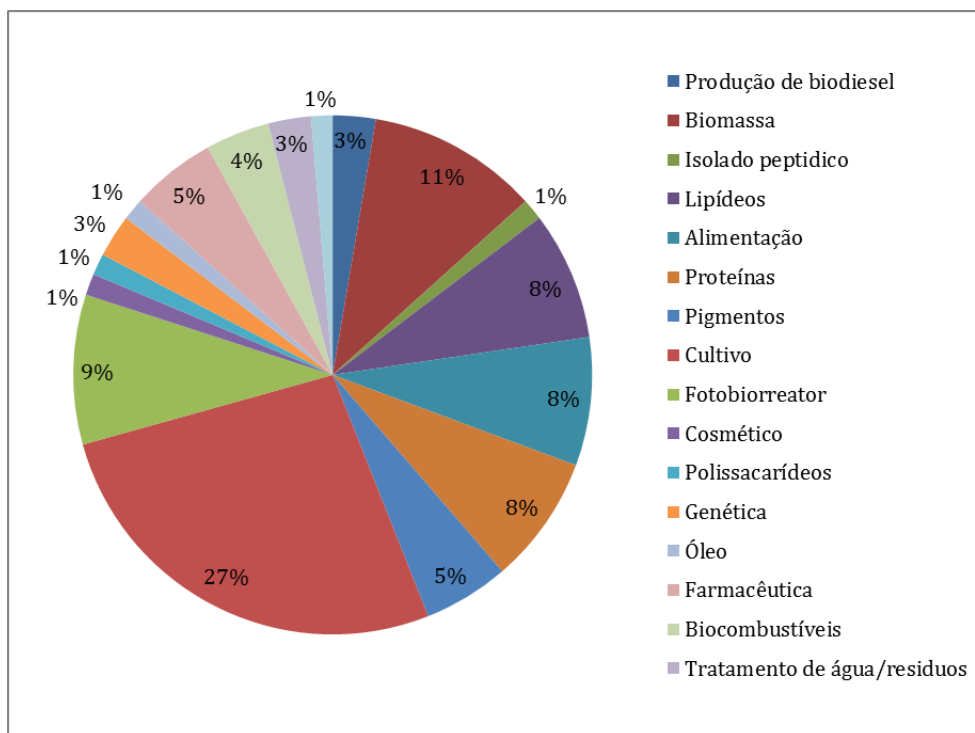


Figura 14. Assuntos abordados nas patentes. Adaptado da referência [43]

É possível identificar que a maior porcentagem das patentes trata sobre o cultivo das microalgas (27%), uma vez que o cultivo de microalgas ainda é uma das etapas de obtenção do biodiesel que torna o processo custoso e precisa ser aprimorado para que o processo se torne viável. Existem ainda muitos questionamentos uma vez que o método de cultivo mais adequado é o de fotobiorreatores, em contrapartida o cultivo aberto é menos custoso. Além disso, o cultivo de microalga oferece muitas vantagens como a remoção de CO_2 e o tratamento de águas residuais. Isso pode trazer um impacto ambiental positivo nas empresas, uma vez que as microalgas auxiliam no processo de redução da emissão de gases de efeito estufa e também podem realizar o tratamento de águas residuais de algum processo.

Antigamente as microalgas eram muito utilizadas na aquicultura para alimentação de algumas espécies de peixes, moluscos, crustáceos e de outros

organismos. Atualmente, o potencial biotecnológico das microalgas vem interessando muito os pesquisadores e suas aplicações estão sendo ampliadas. A imensa biodiversidade desses microrganismos aliadas ao emprego de modificações genéticas permite a grande comercialização das diversas espécies de microalgas para variadas aplicações [59].

A segunda maior porcentagem de publicações de patentes de microalgas está relacionada a biomassa com 11% do total de patentes publicadas. A variabilidade na composição bioquímica da biomassa tem direcionado as pesquisas de cultivo de microalgas, visando a produção de biomassa tanto para uso na elaboração de alimentos quanto para a obtenção de outros compostos com valor de mercado. Dentre os vários compostos que podem ser extraídos das microalgas podem-se destacar os ácidos graxos, os carotenoides (pigmentos), alguns polissacarídeos entre outros [60].

Como os fotobiorreatores fazem parte de um sistema recente de cultivo e que se mostra uma tecnologia muito promissora, apresentando uma alta produtividade quando comparado ao sistema aberto de cultivo, observa-se a partir da Figura 13 que 9% das patentes depositadas sobre microalgas tratam de maneiras de otimização desse método de cultivo fechado.

É notável, a partir da análise do gráfico da figura 13, que as microalgas são utilizadas para diversas aplicações. Assim, embora já tenha sido demonstrada a viabilidade técnica de se produzir biocombustíveis, como biodiesel, etanol e bioquerosene, por meio de microalgas, tais processos ainda não apresentam custos de produção competitivos com derivados da indústria petroquímica [23].

Mesmo assim o processo de obtenção de biocombustíveis derivados de microalgas ainda é promissor, e tem tendência de crescimento uma vez que o maior número de patentes depositadas estão relacionadas com o processo geral de produção de microalgas como a otimização dos processos de cultivo, aumento da produtividade, modificações genéticas para aumentar a obtenção de lipídeos entre outros.

O esperado para o mercado de microalgas é que a produção em larga escala das mesmas vise à obtenção simultânea de produtos como ração animal, biocombustíveis, betacarotenos entre outros. A utilização das microalgas não é

dependente da fertilidade do solo e nem da pureza da água, uma vez que as próprias microalgas podem ser utilizadas para tratamento de águas residuais que seriam despejadas no meio ambiente. Todos esses fatores fazem com que cada vez mais novas pesquisas sejam realizadas para entendimento e otimização da técnica de produção de microalgas.

A realização da prospecção tecnológica foi importante para mostrar um panorama geral de como se encontra o mercado atual de microalgas, suas limitações e quais países são detentores dessa tecnologia. A prospecção tecnológica contribuiu para o direcionamento nas decisões relativas ao que se deve investir para o desenvolvimento de novas tecnologias e produtos. Sendo assim, o estudo realizado sobre a produção de biodiesel a partir de microalgas identificou que o processo que mais precisa ser modificado para que se torne viável a produção em larga escala é a etapa de cultivo, e isso explica a alta quantidade de patentes depositadas nesse assunto visto que é bastante pesquisado para aperfeiçoamento dessa tecnologia.

A partir desse estudo identificou-se que o mercado das microalgas é amplo, uma vez que as mesmas possuem diversas aplicações. Apesar das microalgas serem potenciais para a produção de biodiesel ainda há muito a ser pesquisado e desenvolvido para que o processo seja economicamente viável. Devido a isso, muitas empresas que trabalham com essa tecnologia acabam produzindo outros produtos a partir das microalgas enquanto o processo de produção do biocombustível ainda é otimizado.

Com isso, foram traçadas as rotas tecnológicas das microalgas, permitindo assim identificar o interesse pela rota energética. Sabe-se que a maioria das patentes não se relaciona diretamente com a produção de biodiesel, em contrapartida um grande número delas se relaciona com uma etapa do processo produtivo do biodiesel. Assim, destacam-se as patentes de cultivo, as de obtenção de lipídeos e as patentes de modificações genéticas.

6. CONCLUSÃO

O setor energético está sempre em constante transformação, com o objetivo de se obter novos biocombustíveis que possuam bons rendimentos energéticos, que sejam renováveis e que contribuam na diminuição da dependência dos combustíveis fósseis. As microalgas surgem como uma alternativa para isso, uma vez que possuem alto conteúdo lipídico gerando um elevado rendimento e que não necessitam de grandes extensões de espaço para o seu cultivo. Essa tecnologia de produção de biodiesel a partir de microalgas ainda é algo recente, e o custo da produção de biomassa microalgal é caro quando comparado com outras oleaginosas.

A realização do estudo prospectivo da produção de biodiesel permitiu a identificação do mercado de microalgas uma vez que as pesquisas não se focaram apenas no biodiesel e sim no processo de obtenção como um todo. O estudo prospectivo é importante na tomada de decisões, já que é um instrumento de mercado, onde se tem um estudo sobre os avanços das tecnologias. A prospecção tecnológica da produção de biodiesel a partir de microalgas pode identificar alguma necessidade ou o limite das tecnologias que estão sendo utilizadas, possibilitando também a identificação das aplicações mais usuais para a microalga no cenário brasileiro já que a utilização da mesma não se limita apenas para fins energéticos.

Ao analisar o cenário das patentes depositadas no Brasil sobre microalgas pode-se concluir que o Brasil e a França são os principais depositantes de patentes de microalgas no INPI. É importante também ressaltar que a maioria das patentes são pertencentes a empresas, e isso indica que as microalgas estão sendo estudadas por possuírem um potencial comercial e econômico significativo, devido aos diversos produtos que podem originar.

Algumas universidades também são depositantes de patentes, e isso mostra que a pesquisa em algumas universidades também está gerando um certo interesse comercial. As universidades são grandes pólos de desenvolvimento e pesquisa, mas muitas vezes, para que se desenvolvam novas tecnologias, é necessário um investimento ou parceria com a alguma empresa ou até mesmo com órgãos governamentais para o subsídio dessas pesquisas.

A realização da prospecção tecnológica sobre a produção de biodiesel a partir de microalgas permitiu identificar que esse é um mercado promissor, mas que ainda precisa superar algumas barreiras e limites para que a produção em larga escala possa ser economicamente viável. Por isso, a maioria das patentes de microalgas estão relacionadas com alguma parte específica do processo produtivo do biodiesel de microalgas.

A etapa de cultivo apresenta um grande número de patentes. Ainda hoje, é muito discutida qual a melhor forma de se cultivar as microalgas, já que o processo aberto é menos custoso, porém tem maior risco de contaminação e perda de cultura. Também foi possível identificar que existem muitas patentes relacionadas aos fotobiorreatores, visando desenvolver melhor essa forma de cultivo por ser mais promissora que o cultivo aberto.

O conhecimento da genética das microalgas também impulsionou o depósito de várias patentes, e algumas empresas trabalham com modificações genéticas para melhoria do rendimento de seus produtos. A Embrapa é um exemplo de empresa brasileira que investe vigorosamente em pesquisas relacionadas a engenharia genética das microalgas, mas a pesquisa das patentes no INPI não retornou patentes dessa empresa. Isso indica que as realizações não se restringem apenas aquelas identificadas nas patentes uma vez que algumas empresas, universidades, entre outros podem ainda estar trabalhando em sigilo.

Pelo fato das microalgas possuírem uma grande aplicabilidade, muitas empresas estão aplicando esforços e seus investimentos em outros produtos que não sejam para fins de produção de biodiesel, como forma de se manter economicamente ativas no mercado. O biodiesel microalgal ainda encontra muitos desafios tecnológicos a serem superados.

Para se tornar economicamente viável a produção do biodiesel microalgal, é preciso aprimorar as modificações na biologia das microalgas a partir da engenharia genética, assim como buscar avanços na tecnologia dos fotobiorreatores. A implementação do conceito de biorrefinarias para obtenção de outros compostos (fertilizante, biohidrogênio, entre outros), além do biodiesel, também é uma boa alternativa para tornar rentável o processo de produção de biodiesel.

7. REFERÊNCIAS

1. FRANCO, André Luiz Custódio et al . Biodiesel de microalgas: avanços e desafios. Quím. Nova, São Paulo , v. 36, n. 3, p. 437-448, 2013
2. AZEREDO, V.B.S. Produção do biodiesel a partir do cultivo de microalgas: Estimativa de custos e perspectiva para o Brasil. 2012. 171f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.
3. TEIXEIRA, Luciene Pires. Prospecção tecnológica: importância, métodos e experiências da Embrapa Cerrados/Luciene Pires Teixeira. - Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2013.
4. SANTOS, Marta. Novas tecnologias de colheita de microalgas para a produção de biodiesel. 2013. 49f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente)- Universidade de Lisboa.
5. Brasil, Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira. **Diário Oficial da União**, Brasília. DF, 2005. Seção I, p.8.
6. TRZECIAK, Mário et al. Utilização de sementes de espécies oleaginosas. vol.18, no.1,2,3 p.030-038, 2008.
7. BRASIL, Ministério de Minas e Energia (MME). Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/biodiesel/perguntas.html>, acessado em 04 de abril de 2017.
8. RAMOS, Luiz et al. Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. **Revista Virtual de Química**, Paraná, v. 9, n. 1, p.317-369, 9 nov. 2016. Disponível em: <<http://rvq.s bq.org.br/imagebank/pdf/v9n1a20.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2017.
9. PATERNIANI, Rodrigo. Biodiesel: O combustível social do governo Lula, 2010. Disponível em: <http://brotekovermelho.blogspot.com.br/2010/06/biodiesel-o-combustivel-social-do.html>, acesso em 13 de maio de 2017
10. BRAS ENCARNACAO, Ana Paula. Geração de biodiesel pelos processos de transesterificação e hidroesterificação, uma avaliação econômica. 2008. 144f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos)- Universidade Federal do Rio de Janeiro.
11. IL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/276836/1/DOC201.pdf>, acesso 14 de abril de 2017
12. DIB, Fernando. Produção de biodiesel a partir de óleo residual reciclado e realização de testes comparativos com outros tipos de biodiesel e proporções de mistura em um moto-gerador. 2010. 114f. Dissertação (Mestrado em Engenharia mecânica) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.
13. SUAREZ, Paulo A. Z. et al . Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. Quím. Nova, São Paulo , v. 32, n. 3, p. 768-775, 2009 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000300020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 13 de maio de 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000300020>.
14. DARIO, M. Recuperação de glicerina oriunda do processo de produção de biodiesel- Um processo químúrgico. Monografia de graduação em química. Universidade Federal do Mato Grosso, 2006)

15. GOMES, M. Produção de biodiesel a partir da esterificação dos ácidos graxos obtidos por hidrólise de óleo de peixe. 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos)- Universidade Federal do Rio de Janeiro.
16. LORA, Electro Eduardo Silva et al. Gaseificação e pirólise para a conversão da biomassa em eletricidade e biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/downloads/files/BiocombustiveisCap06.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2017.
17. BIODIESELBR (2006). Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/biodiesel/processo-producao/craqueamento.htm>, acesso 25 de abril de 2017.
18. RAMOS, Luiz P. et al. Tecnologias de Produção de Biodiesel. Revista Virtual de Química, Curitiba, v. 3, n. 5, p.385-405, nov. 2011. Disponível em: <<https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/1285870/52/Tecnologiasdeproducaodebiodiesel.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2017.
19. Síntese do biodiesel metílico por catalise heterogênea. Disponível em: <http://www.lasape.iq.ufrj.br/biodiesel.html>, acesso em 12 de maio de 2017;
20. PARENTE, E.J., Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. Fortaleza, TECBIO, 2003, p.1-66
21. PLÁ, Juan Algorta. Perspectivas do biodiesel no Brasil. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 30, n. 2, p. 179-190, 2002.
22. CHIST, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances*, 25: 294-306.
23. EMBRAPA. Microalgas. *Agroenergia em revista*. Ano IV, n10, dezembro 2016.]
24. BANERJE, A. et al. Botryococcus braunii: A renewable Source of Hydrocarbons and other Chemicals. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.22, n.3, p.245-249, jan 2002.
25. FRANCO, André Luiz Custódio et al . Biodiesel de microalgas: avanços e desafios. **Quím. Nova**, São Paulo , v. 36, n. 3, p. 437-448, 2013 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422013000300015&lng=en&nrm=iso>. Acesso 24 de abril de 2017.
26. OILGAE. Cultivation of Algae in Photobiorreactor. Disponível em: <http://www.oilgae.com/algae/cult/pbr/pbr.html>, acesso 13 de abril de 2017.
27. MICROBIO Engineering. Disponível em: <<http://microbioengineering.com/rw22-101/>>. Acesso em: 21 nov. 2017.
28. NPDEAS. Fotobiorreator tubular. Disponível em : <http://npdeas.blogspot.com.br/2011/06/os-fotobiorreatores-do-npdeas.html>, acesso em 15 de maio de 2017.
29. Grima, Molina et al. 2003. Recovery of microalgal biomass and metabolites: process options and economics. *Biotechnology Advances* 20. p 491-515.
30. REBELO, Ricardo. Produção de Biodiesel a partir de microalgas. Revisão Bibliográfica e Contribuição para sua Produção em Portugal. 2014. 111f. Tese (Mestrado em Engenharia do Ambiente)- Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa
31. UDOM, Innocent et al. 2013. Harvesting microalgae grown on wastewater. *Bioresource Technology* 139. p 101-106.
32. Knuckey, R.M et al. 2006. Production of microalgal concentrates by flocculation and their assesments as aquaculture feeds. p 300-313.

33. CARVALHO, Alexandre. Recuperação e Purificação de Biomassa das Microalgas de *Chlorella* sp. e *Dunaliella tertiolecta* Utilizando Microfiltração Tangencial. 2014. 119f. Tese (Mestrado em Engenharia Química)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
34. BRENNAN, Liam; OWENDE, Philip. 2010. Biofuels from microalgae-A Review of Technologies for Production, Processing, and Extractions of Biofuels and Co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14. p 557-577.
35. TOMAZELLA, Moacyr. Extração de lipídeos de microalgas presentes em lagoas de estabilização para produção de biodiesel. 2011. 64f. Tese (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental)- Universidade Federal de Santa Catarina.
36. MATA, Teresa M. António a. Martins, and Nidia. S. Caetano. 2010. —Microalgae for Biodiesel Production and Other Applications: A Review. *Renewable and Sustainable Energy*. v 14. p 217-232.
37. KUPFER, D.; TIGRE, P. B. Prospeção tecnológica. In: CARUSO, L. A.; TIGRE, P. B. (Org.). **Modelo SENAI de prospecção**: documento metodológico . Montevideo: OIT/CINTERFOR, 2004.
38. GODET, M. A “Caixa de Ferramentas” da Prospectiva Estratégica. ed. CEPES Centro de Estudos de Prospectiva e Estratégica. Lisboa, 2000 (Cadernos do Cepas) Disponível em: <http://www.cnam.fr/lipsor/lips/conferences/data/bo-lips-po.pdf>.
39. Martino JP. 1983. *Technological Forecasting for Decision Making*, 2nd edn. North-Holland: New York, Amsterdam, Oxford.
40. CULHS, Kerstin. From Forecasting to Foresight Process- New Participative Foresight Activities in Germany. *Journal of Forecasting*. 2003
41. AMARA, R; SALANIK, G. Forecasting from conjectural art toward science. *Technological Forecasting and Social Change*, New York, v.3 n.3 p.415-426, 1972.
42. COELHO, G. M. Prospeção tecnológica: metodologias e experiências nacionais e internacionais: tendências tecnológicas: nota técnica 14. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Tecnologia, 2003. Projeto CTPETRO.
43. INPI. **Consulta a base de dados do Inpi**. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/>>. Acesso em: 27 nov. 2017.
44. ORBIT intelligence. Disponível em: <<https://www.orbit.com/?nocache=1511297081249#PatentRegularAdvancedSearchPage>>. Acesso em: 27 out. 2017.
45. PORTER, A. et al. Technology futures analysis: toward integration of the field and new methods. *Technological Forecasting & Social Change*, v.71, n.3, p.287- 303, 2004.
46. FALANI, Samira. Prospeção tecnológica para geração de energia eólica. 2014. 123. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
47. AXONAL, Consultoria Tecnológica Ltda. A empresa Questel. Orbit, Inc. 2015. Disponível em: < <http://www.ime.unicamp.br/>>. Acesso em set. 2017.
48. MONACO, Luciano del. Como é o processo de depósito de uma patente no INPI. Disponível em: <<https://vcpi.com.br/deposito-de-uma-patente/>>. Acesso em: 05 out. 2017.
49. BIODIESEL BR (2010). Disponível em : < <https://www.biodieselbr.com/noticias/em-foco/genoma-microalga-chlorella-decifrado-franca-210910.htm> >, acesso em 22 de setembro de 2017.

50. MORAIS, Sara Maria Peres. **Prospecção tecnológica em documentos de patentes verdes**. 2014. 110 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência da Informação, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2014.
51. MCTI - Potencial das microalgas estimula pesquisa com biodiesel em Santa Catarina. Disponível em: <http://www.revistajuridica.com.br/noticia_integra_new.asp?id=325458>. Acesso em: 30 set. 2017.
52. NOTRE Profil. Disponível em: <<http://www.roquette.fr/>>. Acesso em: 1 out. 2017.
53. INPI, **Classificação de Patentes**. 2016. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/patente/classificacao-de-patentes>>, acesso em 24 de setembro de 2017.
54. FARIAS, L.A.; FÁVARO, D.T. Vinte anos de química verde: conquistas e desafios. Química Nova, vol.34, n.6, p.1089-1093, 2011.
55. BARROS, Bettina. Biocombustíveis de algas ainda distante do mercado no Brasil. Disponível em: <<http://www.algae.com.br/site/pt/midia/noticias/5/valor-economico--biocombustiveis-de-algas-ainda-distante-do-mercado-no-brasil/>>. Acesso em: 05 out. 2017.
56. Zelitch, Photosynthesis, Photorespiration and Plant Productivity, Academic Press, 1971, p.275
57. INPI. Guia Básico de Patentes. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/menu-servicos/patente>>. Acesso em: 03 out. 2017
58. IDENTIFICADAS microalgas que geram biocombustíveis. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/identificadas-microalgas-que-geram-biocombustiveis>>. Acesso em: 28 set. 2017
59. FRÉ, Nicéia Chies da. Influência das condições de cultivo da microalga *Dunaliella tertiolecta* na produção de carotenoides e lipídios. 2018. 82 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/141119/000992086.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 out. 2017.
60. SPOLAORE, P.; JOANNIS-CASSAN, C.; DURAN, E.; ISAMBERT, A. Commercial applications of microalgae. Journal of Bioscience and Bioengineering, v. 101, n. 2, p. 87-96, 2006.