

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

BIORREMEDIAÇÃO COM FUNGOS
EM ÁREAS CONTAMINADAS POR HIDROCARBONETOS

PEDRO HENRIQUE DA SILVA BRETAS

MACAÉ-RJ

2023

PEDRO HENRIQUE DA SILVA BRETAS

**BIORREMEDIAÇÃO COM FUNGOS
EM ÁREAS CONTAMINADAS POR HIDROCARBONETOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

Orientador: Romeu e Silva Neto, D.Sc.

MACAÉ-RJ

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B844b Bretas, Pedro Henrique da Silva, 1991-.
Biorremediação com fungos em áreas contaminadas por hidrocarbonetos/
Pedro Henrique da Silva Bretas. — Macaé, RJ, 2023.
79 p.: il. color.

Orientador: Romeu e Silva Neto, 1968-.

Coorientador: Henrique Rego Monteiro, 1982-.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) — Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em
Engenharia Ambiental, Macaé, RJ, 2023.

Inclui referências.

Área de concentração: Sustentabilidade Regional.

Linha de pesquisa: Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.


1. Biorremediação. 2. Fitorremediação. 3. Solos. I. Bretas, Pedro Henrique da
Silva, 1991-. II. Silva Neto, Romeu e, 1968-, orient. III. Monteiro, Henrique Rego,
1982-, coorient. IV. Título.

CDD 628.5 23. ed.

Dissertação intitulada **BIORREMEDIAÇÃO COM FUNGOS EM ÁREAS CONTAMINADAS POR HIDROCARBONETOS**, elaborada por **Pedro Henrique da Silva Bretas** e apresentada publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, na área concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

Aprovado em: 21 de março de 2023

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 ROMEU E SILVA NETO
Data: 19/06/2023 20:35:36-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Romeu e Silva Neto, Doutor Engenharia de Produção / Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC Rio), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Orientador

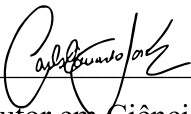
Henrique Rego Monteiro
da Hora:01857552750

Assinado de forma digital por
Henrique Rego Monteiro da
Hora:01857552750
Dados: 2023.06.19 20:37:31 -03'00'

Henrique Rego Monteiro da Hora, Doutor em Engenharia de Produção / Universidade Federal Fluminense (UFF), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)

Documento assinado digitalmente
 MILTON ERTHAL JUNIOR
Data: 21/06/2023 09:49:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Milton Erthal Junior, Doutor em Produção Vegetal / Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)



Carlos Eduardo Lopes da Silva, Doutor em Ciências Ambientais e Conservação / Universidade Federal do Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles que me inspiraram, em especial meus familiares, por incentivarem a concretização de meu potencial, a minha parceira para a vida, por suas constantes cobranças, e aos professores do curso PPEA/IFF, aos quais guardo extremo carinho, admiração e respeito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe pelo apoio constante e proximidade, ao meu pai pelas revisões e ideias ao longo da escrita, a minha esposa Jéssica Hotz Lepsch por entender os momentos de estresse e ausência, aos meus familiares pelas constantes lembranças das obrigações e das realizações alcançadas ao longo do curso, aos professores do curso PPEA/IFF que preparam seus alunos para casos reais, deixando clara a atuação social e profissional dos egressos. Por fim, porém não menos importante, ao apoio de meu orientador Romeu e Silva Neto por confiar em meu potencial e extrair o que tenho de melhor.

EPÍGRAFE

“Se fizéssemos todas as coisas de que somos capazes, nós nos surpreenderíamos a nós mesmos.”

Thomas Edison

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CPC - Cooperative Patent Classification

DSE - Dark Septate Endophyte

EPO - European Patent Office

ESG - Environmental, Social and Governance

ESTs- Environmentally Sound Technologies

HPA – Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFFluminense – Instituto Federal Fluminense

INPI - Instituto Nacional da Propriedade Intelectual

IPC - International Patent Classification

MU - Modelo de Utilidade

PI – Patente de Invenção

UNFCCC - United Nations Framework Convention on Climate Change

WIPO - World Intellectual Property Organization

Sumário

RESUMO	10
<i>ABSTRACT</i>	11
APRESENTAÇÃO	12
1 ARTIGO 1 - BIORREMEDIAÇÃO COM FUNGOS EM ÁREAS CONTAMINADAS POR HIDROCARBONETOS: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO	14
1.1 RESUMO	14
1.2 <i>ABSTRACT</i>	15
1.3 INTRODUÇÃO	16
1.3.1 Objetivo Geral.....	18
1.3.2 Objetivos Específicos.....	18
1.4 REVISÃO DA LITERATURA.....	18
1.4.1 Riorremediação de áreas contaminadas	18
1.4.2 Interações Planta-microrganismo.....	19
1.4.3 Endófitos Septados Escuros (<i>Dark Septate Endophyte - DSE</i>).....	19
1.5 MATERIAIS E MÉTODOS	21
1.5.1 Classificação da pesquisa.....	21
1.5.2 Coleta de dados	21
1.5.3 Tratamento de dados	23
1.5.4 Recorte Temporal.....	23
1.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
1.6.1 Resultados correlacionados pela temática.....	24
1.6.2 Resultados correlacionados pela autoria	25
1.6.3 Resultados correlacionados pelo veículo	28
1.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
1.8 REFERÊNCIAS	34

2	ARTIGO 2 - BIORREMEDIAÇÃO COM FUNGOS EM ÁREAS CONTAMINADAS POR HIDROCARBONETOS: PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA EM BASES PATENTÁRIAS	39
2.1	RESUMO	39
2.2	ABSTRACT.....	40
2.3	INTRODUÇÃO	40
2.3.1	Objetivo Geral.....	41
2.3.2	Objetivos Específicos.....	41
2.4	REVISÃO DA LITERATURA.....	41
2.4.1	Patentes	42
2.4.2	Banco de Dados de Patentes	43
2.4.3	Informações Patentárias	43
2.4.4	Inventário Verde da Classificação Internacional de Patentes	44
2.4.5	Patentes Verdes	45
2.4.6	<i>EST - Environmentally Sound Technologies</i>	46
2.4.7	Inovação e Difusão Tecnológica.....	46
2.4.8	Empreendedorismo Sustentável	47
2.4.9	Sistemas de Depósitos de Pedido de Patentes.....	48
2.4.10	<i>PCT - Patent Cooperation Treaty</i>	49
2.5	MATERIAIS E MÉTODOS	51
2.6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
2.6.1	Análise do estado da técnica	53
2.6.2	Busca em base de patentes	53
2.6.3	Resultados correlacionados pela temática.....	54
2.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	65
2.8	REFERÊNCIAS	66
3	CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO.....	71
	ANEXOS	72

1	Lista Expandida programa Patentes Verdes (INPI, 2016).....	72
2	<i>IPC Green Inventory</i> (WIPO, 2010).....	75

Lista de Figuras

Artigo 1:

Figura 1: Estratégia de busca por artigos.	22
Figura 2: Sentença no modelo da base Scopus	22
Figura 3: Produção anual de artigos científicos.	23
Figura 4: Árvore de palavras chave por recorrência.	24
Figura 5: Matriz de colaboração internacional.....	25
Figura 6: País do autor correspondente	26
Figura 7: Autores mais recorrentes em produção no tema.....	27
Figura 8: Teia histórica de citações.....	27
Figura 9: Crescimento cumulativo por veículo de informação.....	28
Figura 10: Impacto local pelo Fator H	29
Figura 11: Diagrama de Venn de quantitativo de artigos.	30
Figura 12: Artigos por ano de publicação.....	30
Figura 13: Artigos por país de origem.	31
Figura 14: Artigos por área temática.....	31
Figura 15: Principais fontes.	33
Figura 16: Fluxograma depósito de patentes.	49
Figura 17: Os 155 Países Signatários do <i>PCT</i>	50
Figura 18: Conceitos para coleta de dados.....	51
Figura 19: Recorte selecionado da Classificação Internacional de Patentes.....	51
Figura 20: Estratégia de busca por patentes.....	52
Figura 21: Sentença no modelo da base Espacenet.....	52
Figura 22: Diagrama de Venn de quantitativo de patentes.	53
Figura 23: Panorama tecnológico.....	54
Figura 24: Tecnologias e aplicações	55
Figura 25: Principais mercados competidores	56
Figura 26: Principais inventores	57
Figura 27: Mais relevantes detentores de patentes.....	58
Figura 28: Principais detentores das tecnologias	59

Figura 29: Status das patentes em posse dos detentores mais relevantes.	60
Figura 30: Indicadores mercadológicos.	61
Figura 31: Indicadores de principais detentores de patentes.....	62
Figura 32: Patentes por Foco Tecnológico.....	63
Figura 33: Patentes por área do conhecimento.	64

RESUMO

A relevância desse tema é evidenciada: pelo crescente número de acidentes ambientais advindos da exploração de reservas de óleo e gás; pela indicação da biorremediação como técnica passível de oportunizar a devolução da área contaminada para um estado mais próximo de suas características naturais; e pela utilização de fungos estar se mostrando promissora para tal biorremediação. O objetivo deste trabalho é agrupar as tecnologias que se utilizam de fungos para promover a biorremediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos e identificar o Estado da Técnica relacionado a estas tecnologias. São realizadas: uma bibliometria na base científica *Scopus/Elsevier* e uma busca pelo Estado da Técnica na base de patentes Derwent, a qual é mantida pela *Web of Science – WoS* e na base Espacenet, mantida pelo escritório europeu de patentes. Os resultados encontrados são apresentados e discutidos, concluindo por reforçar o caráter promissor da utilização dessas técnicas como forma de mitigação dos danos ambientais causados pela exploração humana das reservas de petróleo. O uso de fungos do tipo endófitos septados escuros (*dark septate endophyte - DSE*) foi mais profundamente estudado podendo-se evidenciar como destaques: pelo seu potencial na agricultura, gerando redução de estresse hídrico e salino nas plantas inoculadas pelos mesmos; por sua elevada ocorrência, descoberta em mais de 600 espécies de plantas; e por seu potencial degradador de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs). Destacam-se como principais focos tecnológicos a biotecnologia e a tecnologia ambiental, sendo as tecnologias para degradação de hidrocarbonetos as mais recorrentes. Há um equilíbrio entre as pesquisas desenvolvidas por Instituições de Ciência e Tecnologia e por empresas privadas. Isso pode caracterizar que tal área, apesar de promissora, ainda não está madura.

Palavras-chave: Óleo e gás, petróleo, solos contaminados, inovação, fitorremediação.

ABSTRACT

The relevance of this topic is evidenced by: the growing number of environmental accidents arising from the exploration of oil and gas reserves; for the indication of bioremediation as a technique likely to provide opportunities for the return of the contaminated area to a state closer to its natural characteristics; and because the use of fungi is proving to be promising for such bioremediation. The objective of this work is to group the technologies that use fungi to promote the bioremediation of areas contaminated by hydrocarbons and to identify the State of the Technique related to these technologies. in the Derwent patent database, which is maintained by the Web of Science – WoS and in the Espacenet database, maintained by the European patent office. The results found are presented and discussed, concluding by reinforcing the promising character of using these techniques as a way of mitigating the environmental damage caused by human exploitation of oil reserves. The use of dark septate endophyte-type fungi (dark septate endophyte - DSE) was more deeply studied, with the following highlights being possible: for their potential in agriculture, reducing water and saline stress in plants inoculated by them; for its high occurrence, discovered in more than 600 species of plants; and for its potential to degrade polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Biotechnology and environmental technology stand out as the main technological foci, with hydrocarbon degradation technologies being the most recurrent. There is a balance between the research carried out by Science and Technology Institutions and by private companies. This may indicate that this area, although promising, is not yet mature.

Keywords: *Oil and Gas, Oil, Contaminated Soils, Innovation, Phytoremediation.*

APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento de tecnologias ambientalmente amigáveis e sua relevância para as empresas e para a economia global é um tema cada vez mais importante. À medida que as preocupações ambientais se tornam mais prementes, as empresas devem considerar como podem contribuir para uma economia verde que seja sustentável e ecologicamente correta. Uma evidência da importância dada a essa temática é que muitas empresas estão se voltando para os indicadores *ESG* (*Environmental, Social, and Governance*) para avaliar seu impacto sobre o meio ambiente.

Apesar dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, por exemplo, nas áreas de exploração e produção de petróleo serem de 1% da receita operacional bruta desta indústria (Lei nº 9.478, BRASIL, 1997), a sociedade ainda carece de tecnologias eficazes e economicamente viáveis para sanar o consequente passivo ambiental associado. Os custos desses passivos ambientais são de grande preocupação e vão além do custo econômico direto e ambientais (WANG et al., 2021), pois perpassam custos sociais como a capacidade carcinogênica (PEREIRA NETTO et al., 2000), que possuem métricas complexas de mensuração abrangendo ainda mais o papel da inovação verde na condução desta transformação. A inovação verde engloba o desenvolvimento de produtos e serviços ecológicos, bem como a introdução de novas tecnologias que reduzem os impactos ambientais.

Quando se aplicam práticas verdes internas (prevenção da poluição e gerenciamento da cadeia de suprimentos verde) são os principais impulsionadores ambientais do desempenho financeiro, enquanto as práticas verdes externas (desenvolvimento de produtos verdes) desempenham um papel secundário na determinação do desempenho financeiro (MIROSHNYCHENKO; BARONTINI; TESTA, 2017).

Para melhor entender a estruturação desse trabalho, cabe explicitar que o Regimento do Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental – PPEA permite que a dissertação seja apresentada no formato de dois artigos. Tal proposta visa à facilitação de futuras publicação dos resultados da pesquisa. Além disso, como neste formato de dissertação em compêndio de artigos, o primeiro deles necessariamente é um estudo mais abrangente de um tema alinhado com as diretrizes do curso, o mestrando é conduzido a elaborar uma análise do estado da arte para seu estudo, o que facilita o entendimento da relevância e da originalidade do tema escolhido. Tal proposta permite um avanço na visão acadêmica por parte dos egressos que ao concluírem a etapa do mestrado encontram-se aptos a gerarem outras produções acadêmica relevantes.

Alinhado com esse formato moderno de dissertação, a estrutura desse trabalho aborda em seu primeiro artigo um estudo bibliométrico da temática principal da dissertação. Ou seja, a interseção entre quatro termos: Fungos; Remediação; Hidrocarbonetos; e Endófitos. O segundo artigo apresenta uma prospecção tecnológica dessa temática, a partir de estudos patentários.

1 ARTIGO 1 - BIORREMEDIAÇÃO COM FUNGOS EM ÁREAS CONTAMINADAS POR HIDROCARBONETOS: UM ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

1.1 RESUMO

A relevância desse tema é evidenciada: pelo crescente número de acidentes ambientais advindos da exploração de reservas de óleo e gás; pela indicação da biorremediação como técnica passível de oportunizar a devolução da área contaminada para um estado mais próximo de suas características naturais; e pela utilização de fungos estar se mostrando promissora para tal biorremediação. O objetivo deste trabalho é levantar o Estado da Arte da utilização de fungos para promover a biorremediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos, seja baseada em fito ou em mico remediação. Para tal, é realizada uma bibliometria na base científica Scopus/Elsevier. Os resultados encontrados são apresentados e discutidos, concluindo por reforçar o caráter promissor da utilização dessas técnicas como forma de mitigação dos danos ambientais causados pela exploração humana das reservas de petróleo. O uso de fungos do tipo endófitos septados escuros (*Dark Septate Endophyte - DSE*) foi mais profundamente estudado, buscando esclarecer conceitos que permanecem ambíguos para classificação de tais tipos de fungos. Finalmente, foi possível evidenciar a relevância do uso de *DSE*: pelo seu potencial na agricultura, gerando redução de estresse hídrico e salino nas plantas inoculadas pelos mesmos; por sua elevada ocorrência, descoberta em mais de 600 espécies de plantas; e por seu potencial degradador de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs).

Palavras-chave: Óleo e gás, Petróleo, Solos Contaminados, Inovação, Fitorremediação.

1.2 ABSTRACT

The relevance of this topic is evidenced by: the growing number of environmental accidents arising from the exploration of oil and gas reserves; for the indication of bioremediation as a technique likely to provide opportunities for the return of the contaminated area to a state closer to its natural characteristics; and because the use of fungi is proving to be promising for such bioremediation. The objective of this work is to raise the State of the Art of the use of fungi to promote the bioremediation of areas contaminated by hydrocarbons, whether based on phytoremediation or on mycoremediation. To this end, bibliometrics is carried out on the scientific basis Scopus/Elsevier. The results found are presented and discussed, concluding by reinforcing the promising character of using these techniques as a way of mitigating the environmental damage caused by human exploitation of oil reserves. The use of Dark Septate Endophyte (DSE) fungi was further studied, seeking to clarify concepts that remain ambiguous for classifying such types of fungi. Finally, it was possible to highlight the relevance of using DSE: due to its potential in agriculture, reducing water and saline stress in plants inoculated by them; for its high occurrence, discovered in more than 600 species of plants; and for its potential to degrade Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs).

Keywords: *Oil and Gas, Petroleum, Contaminated Soils, Innovation, Phytoremediation.*

1.3 INTRODUÇÃO

O aumento do consumo é a principal estratégia de crescimento adotada pelo capitalismo (TEIXEIRA et al., 2000), sendo verificado pela evolução no consumo mundial de petróleo e seus derivados, o qual triplicou em menos de seis décadas (*BP Statistical Review of World Energy*, 2020). A indústria de óleo e gás fornece matéria prima industrial e é matriz energética seja para a produção ou transporte. Historicamente as preocupações com o meio ambiente vem sendo foco de discussões em fóruns mundiais. Mas foi notadamente a partir de 2006, quando o Relatório Stern (STERN, 2006) evidenciou que o Produto Interno Bruto - PIB mundial poderia sofrer perdas de até 20% nas próximas décadas, caso não houvesse ações incisivas para mitigar as mudanças climáticas, foi que tal questão deixou de figurar apenas discussões ambientalistas e passou a incluir estudiosos de economia junto ao tema.

Uma consequência deste consumo é o aumento dos acidentes relacionados a indústria de óleo e gás. Aproximadamente metade do petróleo que contamina os oceanos se origina da infiltração natural de óleo e a outra metade é derivada de fontes antropogênicas, incluindo atividade industrial *offshore*, escoamento em terra e derramamentos de óleo que ocorrem principalmente durante o transporte e produção (COMMITTEE ON OIL IN THE SEA: INPUTS, FATES, AND EFFECTS et al., 2003). Esta forma de pensamento trouxe a hipótese de que muito dos problemas ambientais existentes eram acarretados pela manutenção do modo de vida, com preceitos errôneos de que os recursos naturais são inesgotáveis, a partir de hábitos consumistas e pela prática ineficaz no manejo de resíduos.

O Relatório Brundtland (1982), como citado por Reis (2013), destacou a incompatibilidade entre modelos de produção e consumo e a capacidade de suporte dos ecossistemas mapeados. Tal incompatibilidade foi sendo cancelada pelos países industrializados e posteriormente pelos países em desenvolvimento.

Infelizmente muitas medidas de redução de impactos decorrentes de acidentes envolvendo Petróleo e Gás - P&G não são pensadas de forma preditiva. Uma possível abordagem pode ser a aplicação de dados coletados de eventos de acidente anteriormente ocorridos para estabelecer parâmetros para uma efetiva mitigação de riscos.

Nos acidentes envolvendo derramamento de hidrocarbonetos o material contaminante adere em solos e água (AL-THANI; YASSEEN, 2020), alterando a qualidade dos mesmos e modificando suas funções ecológicas. As áreas com solos contaminados, sejam por metais pesados ou hidrocarbonetos, somam mais de 1,2 bilhão de hectares ao redor do globo e representam uma redução de 25% no potencial agriculturável (BEKUZAROVA et al., 2020). Para delimitar tais áreas são utilizadas estratégias de modelagem do comportamento da pluma de contaminação, de sensoriamento, de busca por biomarcadores, e pela busca por espécimes degradadoras do contaminante.

Alguns destes organismos podem ainda ser utilizados em estratégias de recuperação ambiental. Para tal, são selecionados métodos individuais ou associados mais adequados a cada caso, com o intuito de limpar, reduzir a concentração ou minimizar a toxicidade dos contaminantes, buscando sua eliminação ou a diminuição da sua biodisponibilidade (SANTOS; MARANHO, 2018).

Os processos para biorremediação dos ambientes contaminados podem ser conduzidos: (1) por processos naturais (GERHARDT et al., 2009); (2) de forma induzida, com a aplicação de organismos exógenos (YOUSAF et al., 2014); (3) de forma controlada, onde os organismos são endógenos e apenas as condições ambientais para os mesmos são controladas, pela inserção de fertilizantes ou irrigação (DICKSON et al., 2020); (4) e de forma artificial, com a introdução de organismos exógenos e indução de condições ótimas para os mesmos (AZUBUIKE; CHIKERE; OKPOKWASILI, 2016).

O crescimento das plantas é afetado por microrganismos de várias maneiras. Adicionar microrganismos pode promover ativa ou passivamente o crescimento por meio de uma variedade de mecanismos como: fixação de nitrogênio, solubilização de fosfato, produção de sideróforos, fitohormônio e ACC desaminase (MA et al., 2011). Além disso, a ideia de aplicação deste processo natural de forma controlada tem um grande potencial quando selecionadas espécies pioneiras (FATIMA et al., 2015).

Alguns limitantes para o sucesso da remediação podem ser a falta de funções de redes de interação bem conectadas, as quais incluem polinização por vetores animais, dispersão de sementes por frugívoros e fornecimento de nutrientes limitados pelo solo, pelos micróbios e por fungos micorrízicos (GOODEN; THOMPSON; FRENCH, 2020). Algumas destas interações que ocorrem naturalmente e permitem uma melhor adaptabilidade a condições de estresse ambiental extremas como excesso de salinidade (GONZALEZ MATEU et al., 2020), déficit hídrico (SANTOS et al., 2017) e não só situações onde o estresse ambiental é causado pela introdução de poluentes (GERHARDT et al., 2009).

Quanto aos fatores econômicos, constata-se que as tecnologias de remediação consideradas menos onerosas têm sido as de biorremediação, especificamente as de rizodegradação, que são estratégias de fitorremediação recorrentemente indicadas como efetivas para áreas contaminadas por hidrocarbonetos (PHILLIPS et al., 2009). Uma das técnicas de rizodegradação que vem sendo reconhecida como uma tecnologia verde eficiente caracteriza-se pelo uso sinérgico de plantas e endófitos (FATIMA et al., 2016). Embora seja demorada é um dos meios mais econômicos de mitigar a poluição de solos e água multicontaminados (LACALLE et al., 2018).

As aplicações das técnicas de fito e mico-remediação podem fornecer opções ecologicamente adequadas para o tratamento de solos contaminados por hidrocarbonetos, além de serem métodos que

possuem alternativas prontamente disponíveis e econômicas para o manejo de solo contaminado com petróleo (DICKSON et al., 2020).

Tais técnicas quando aplicadas *in situ* na remediação de contaminantes bio-perigosos assistida por fungos endófitos é entendida como futurista, funcionando como estratégia de controle de poluição multifatorial sustentável com baixo impacto ambiental e baixas despesas operacionais como descrito por NANDY et al. (2020) em sua revisão em bases de artigos a respeito do tema.

Pela análise do problema exposto e pela evidência constatada no número crescente de trabalhos relacionando às técnicas naturais específicas para remediação de solo contaminados por hidrocarbonetos, pode-se considerar que a complexidade multidisciplinar da temática é bem mais abrangente do que se tem investigado até o momento, o que denota uma lacuna de conhecimento e evidencia a relevância do trabalho aqui proposto.

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é levantar o Estado da Arte da utilização de fungos para promover a biorremediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos, seja baseada em fito ou em mico remediação.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Revisar os conceitos de Biorremediação por fungos;
- Revisar a classificação dada a fungos do tipo endófitos septados escuros (*dark septate endophyte - DSE*);
- Realizar uma bibliometria em bases de artigos para estabelecer o estado da arte referente ao tema proposto;
- Avaliar a aplicabilidade de fungos do tipo *DSE* na Biorremediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos.

1.4 REVISÃO DA LITERATURA

1.4.1 Rizorremediação de áreas contaminadas

Nesse processo, as plantas atuam indiretamente na fitorremediação do poluente, uma vez que sua presença no meio ambiente proporciona condições favoráveis para o crescimento de microrganismos na região da rizosfera (SANTOS; MARANHO, 2018).

As aplicações dessas técnicas de fitorremediação - técnica bioquímica que utiliza plantas para a biorremediação, e a mico remediação - que utiliza fungos para degradação dos poluentes, podem fornecer opções ecologicamente corretas para o tratamento de solos contaminados por hidrocarbonetos uma vez que se trata de uma tecnologia altamente eficaz para limpar uma série de substâncias orgânicas

acumulando-as na biomassa acima do solo (BEKUZAROVA et al., 2020). Essas técnicas seriam benéficas para regiões tropicais (DICKSON et al., 2020).

1.4.2 Interações Planta-microrganismo

A interação planta-microrganismo é explicada de forma didática como classificável entre patogênicas, comensais e benéficas. No entanto, a base da relação simbiótica entre fungos e plantas permanece ambígua, podendo o fungo ser caracterizado como um patógeno fraco, um saprotrófico em tecidos radiculares senescentes ou um mutualista (ADDY; PIERCEY; CURRAH, 2005).

Uma peculiaridade a respeito da interação entre microrganismos e plantas para remediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos é que o potencial da combinação de gramíneas inoculadas com microrganismos é superior, em comparação à combinação das mesmas cepas com arbóreas (FATIMA et al., 2015). Isto sugere que gramíneas são mais eficientes para tais fins.

Reiterando esta aptidão, foi relatado que gramíneas podem hospedar um grande número de microrganismos, devido ao seu sistema radicular fibroso o qual fornece uma grande área de superfície para colonização microbiana (YOUSAF et al., 2014). As espécies de plantas não afetam apenas a colonização e atividade dos endófitos na rizosfera e endosfera, mas também influenciam substancialmente a degradação do petróleo bruto. A importância do sinergismo planta-endófito deve então ser considerada no projeto de aplicações da fitorremediação (FATIMA et al., 2018).

Os fungos podem então ocupar um nicho muito mais complexo do que sugeririam os isolamentos de raízes (ADDY; PIERCEY; CURRAH, 2005) Isso é entendido como uma possível cooperação, onde os organismos se beneficiam com a interação, porém não são prejudicados por sua ausência onde a natureza de suas associações pode ser mais ampla do que a transferência de nutrientes, que normalmente são entendidas como a base de uma relação micorrízica.

1.4.3 Endófitos Septados Escuros (*Dark Septate Endophyte - DSE*)

Para entender essa nomenclatura, cabe uma descrição histórica de seu uso em publicações científicas. Uma das primeiras citações em estudos sobre espécies de fungos que seriam posteriormente classificados como DSE foi feita por READ; HASELWANDTER (1981). O termo DSE passa a ser considerado uma classificação para fungos a partir de 1986, quando as publicações utilizando tal termo passam a figurar na literatura.

O efeito da inoculação de DSE em seu hospedeiro ainda é um debate e seus mecanismos intracelulares ainda são pouco entendidos (WU et al., 2020). Dessa forma é necessária uma pré-seleção minuciosa, não sendo possível aplicar uma cepa qualquer de DSE para rizorremediação. Tais cepas ocorrem nas raízes de pelo menos 600 espécies de plantas diferentes (JUMPPONEN; TRAPPE, 1998).

O potencial adaptativo que o DSE propicia às plantas hospedeiras pode ser entendido como uma protocooperação. Esses efeitos benéficos do DSE sobre o estabelecimento e o crescimento da planta podem ser particularmente importantes em ambientes perturbados, passando por restauração ativa, onde os nutrientes do solo são esgotados e o estresse ambiental é alto (GOODEN; THOMPSON; FRENCH, 2020).

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

1.5.1 Classificação da pesquisa

Pensando esta pesquisa de forma sistemática, pode-se classificá-la, segundo Silva e Menezes (2005) e Gil (2008), em quatro vertentes ou pontos de vista, quais sejam: natureza, abordagem, objetivo e procedimento.

Do ponto de vista da natureza da pesquisa a mesma é classificada como aplicada por gerar conhecimento de aplicação prática com o intuito de solucionar problemas a partir de verdades verificáveis e para aplicação em nichos específicos de atuação (SILVA; MENEZES, 2005).

Do ponto de vista da forma de abordagem esta pesquisa é quantitativa por levar em consideração parâmetros quantificáveis, ou seja, traduzível em números e permite a aplicação de técnicas e recursos estatísticos (SILVA; MENEZES, 2005).

Do ponto de vista de seus objetivos a pesquisa é descritiva e visa a elucidar as características do levantamento para estabelecer relações e aglomerar semelhanças (GIL, 2008).

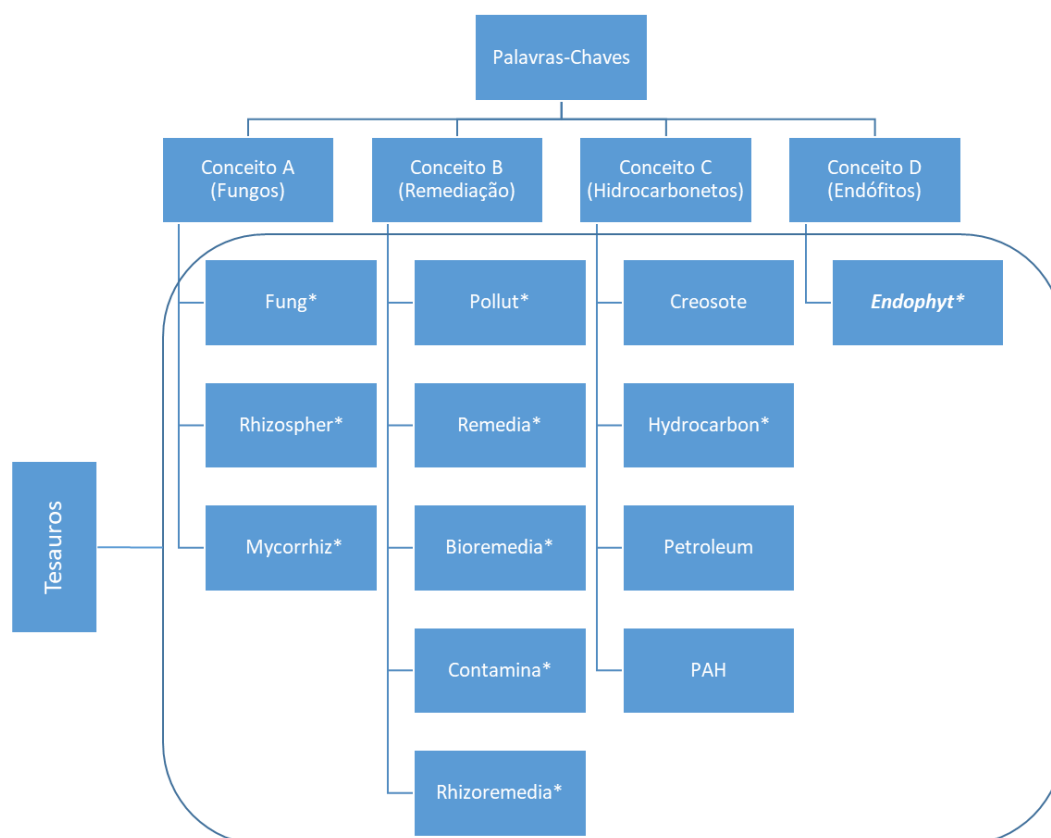
Do ponto de vista dos procedimentos a pesquisa é um estudo de caso por envolver um estudo específico, exaustivo e profundo sobre o tema com o intuito de detalhar o conhecimento exposto (GIL, 2008).

1.5.2 Coleta de dados

A busca bibliométrica foi feita na Base Científica Scopus/Elsevier (2020), por ser uma das bases de periódicos mais completas e o maior banco de dados de resumos e citações da literatura com revisão por pares, contendo revistas científicas, livros, processos de congressos e publicações.

Foi realizada uma bibliometria para selecionar os artigos mais pertinentes ao tema de estudo. Com o intuito de acessar a linguagem mais utilizada pelo meio acadêmico, optou-se por priorizar artigos publicados em inglês. A busca foi executada com a estratégia de palavras chaves e tesouros descrita na Figura 1.

Figura 1: Estratégia de busca por artigos.



Fonte: O autor, 2021.

Apesar da estratégia inicial contemplar apenas 3 termos, o resultado trouxe uma série de artigos que não estavam alinhados à pesquisa aqui proposta. Ao analisar os artigos que apresentavam melhor alinhamento à pesquisa, foi encontrado um termo em comum: Endófito. Com o intuito de garantir ao resultado da busca um melhor alinhamento ao tema, foi adicionado à estratégia de busca este quarto termo: D (Endófito). Após isso, a aderência ao tema foi percebida em todos os artigos encontrados.

A transcrição desta sentença de busca no modelo da base Scopus pode ser lida na Figura 2.

Figura 2: Sentença no modelo da base Scopus

Conceito	Sentença	Escopo
Fungos (A)	(fung* OR rhizospher* OR mycorrhiz*)	AND TITLE-ABS-KEY
Remediação (B)	(pollut* OR remedia* OR bioremedia* OR contamina* OR rhizoremedia*)	
Hidrocarbonetos (C)	(creosote OR hydrocarbon* OR petroleum OR pah)	
Endófito (D)	(endophyt*)	

Fonte: O autor, 2021.

1.5.3 Tratamento de dados

Como estratégia para tratamento e análise dos dados referentes a artigos científicos, após o uso de métodos bibliométricos, foi utilizada a ferramenta Bibliometrix (ARIA; CUCCURULLO, 2017) para o software R. Tal ferramenta permite uma análise estatística abrangente com capacidade de mensurar a ciência de forma direta e replicável.

1.5.4 Recorte Temporal

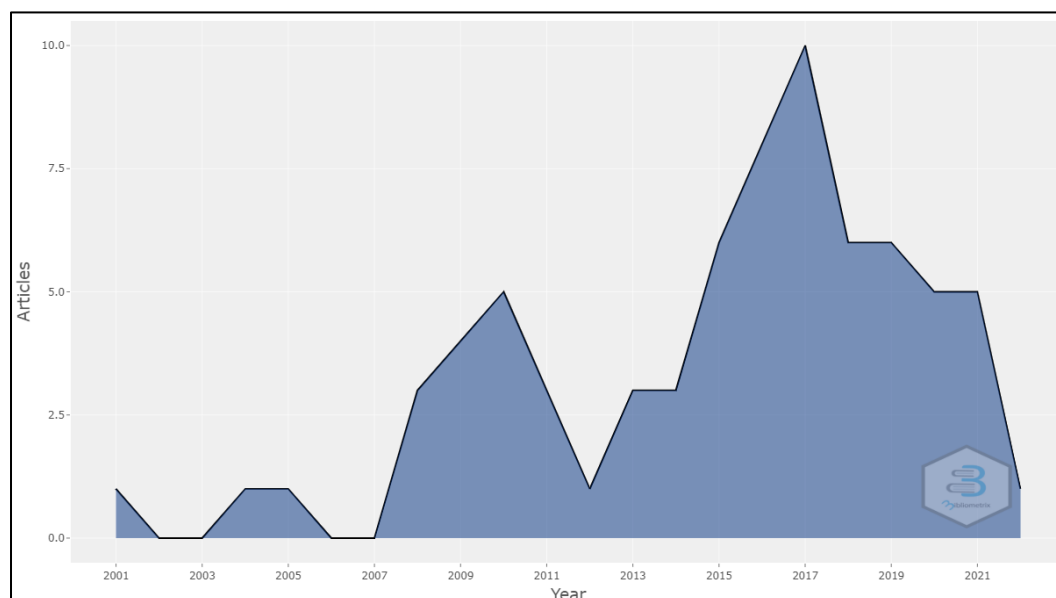
Buscando obter o Estado da Arte, além da relevância das publicações, sobretudo pelo número de citações recebidas, a atualização das referências foi considerada. Assim, o recorte temporal aplicado aos resultados foi dos últimos 22 anos, de 2001 até 2021.

1.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aplicando-se a estratégia de busca previamente definida à Base Scopus/Elsevier obteve-se um total de 72 artigos que se alinham plenamente à temática deste trabalho e a análise desses resultados é apresentada a seguir.

O primeiro resultado obtido foi a distribuição temporal da produção anual de artigos científico dentre aqueles selecionados pela sentença de busca, como pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3: Produção anual de artigos científicos.



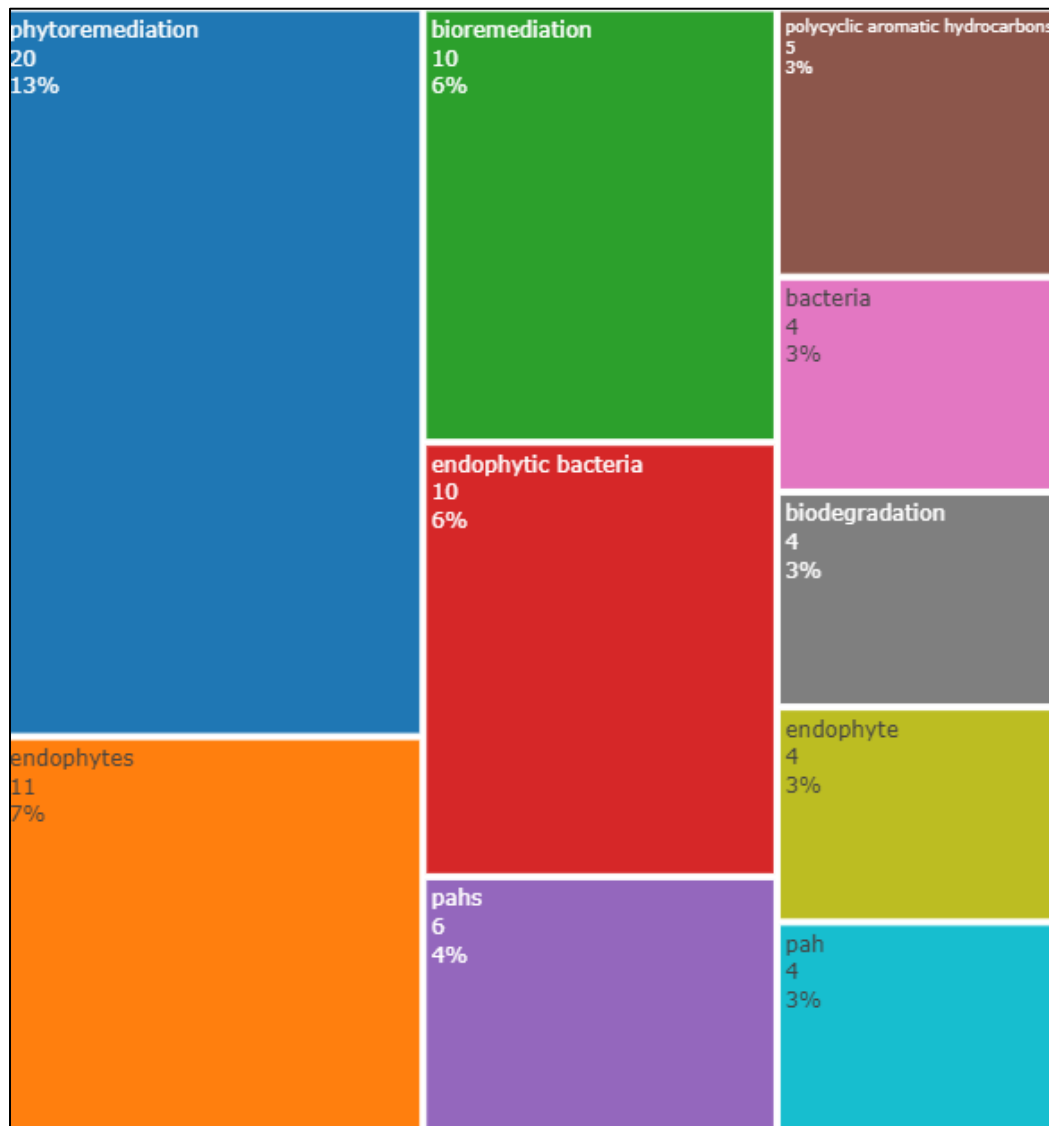
Fonte: O autor, 2021.

A partir desta distribuição temporal, contemplando o período de 2001 até 2021, fica evidente como a produção relacionada à temática proposta é mais explorada na última década, onde o volume de publicações mais que dobrou em relação a década anterior.

1.6.1 Resultados correlacionados pela temática

O recorte temático pode trazer luz para questões que envolvem palavras chave, recorrência de assuntos e importância dada aos mesmos em diferentes artigos. Na árvore de palavras chave da figura 8 é percebida a recorrência do uso de termos específicos nos títulos, resumos ou palavras chaves dentre os artigos selecionados pela sentença de busca em base de artigos.

Figura 4: Árvore de palavras chave por recorrência.



Fonte: O autor, 2021.

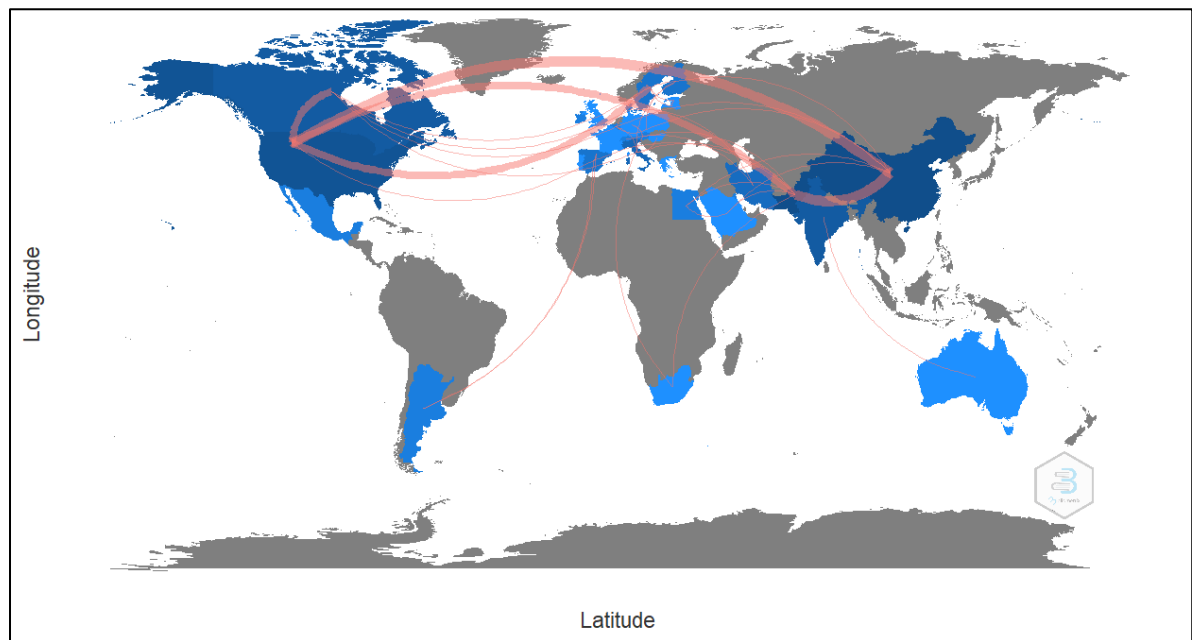
Como esperado, os termos utilizados nas sentenças aparecem entre os 10 termos mais recorrentes. Porém, termos como bactéria e bactéria endófitas não estavam presentes na sentença e

foram percebidos na árvore da Figura 4. Isto denota a existência de tecnologias que lançam mão de bactérias para biorremediação.

1.6.2 Resultados correlacionados pela autoria

Na figura 5 o mapa mundo é apresentado indicando as colaborações internacionais existentes entre autores.

Figura 5: Matriz de colaboração internacional.

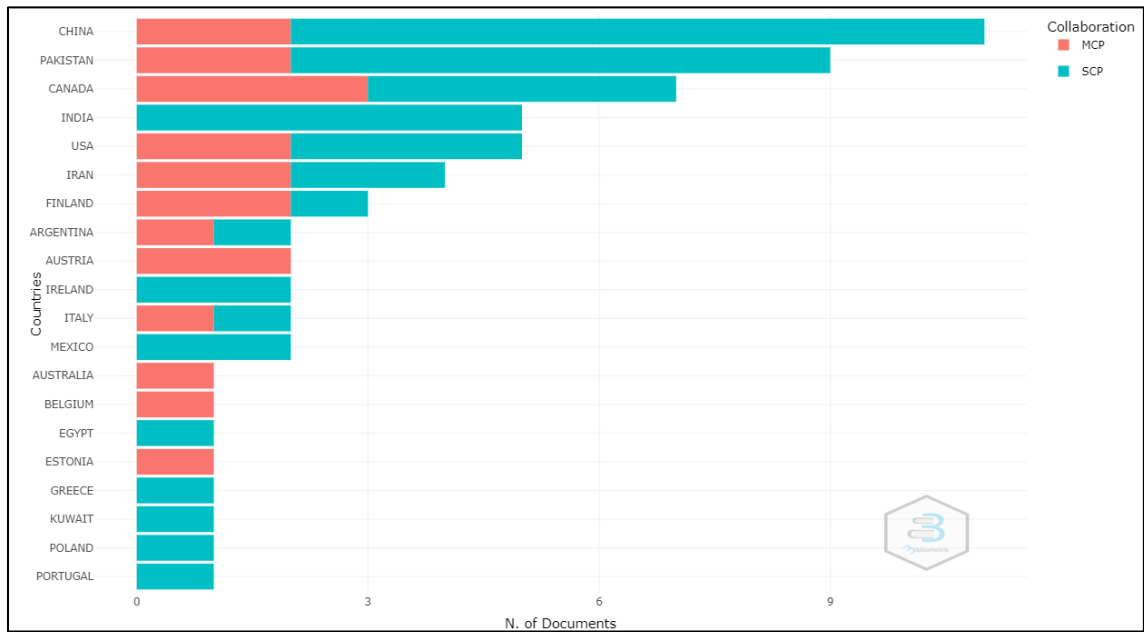


Fonte: O autor, 2021.

Os tons em azul representam colaborações dentro das fronteiras de cada país e as linhas em vermelho as colaborações existentes entre países. Quanto mais escuro o tom de azul ou mais grossa a linha em vermelho maiores são as colaborações percebidas.

Outra forma de visualizar a colaboração é dividindo-as entre intra (dentro das fronteiras) e inter (entre países) países de forma linear como pode ser verificado na Figura 6.

Figura 6: País do autor correspondente

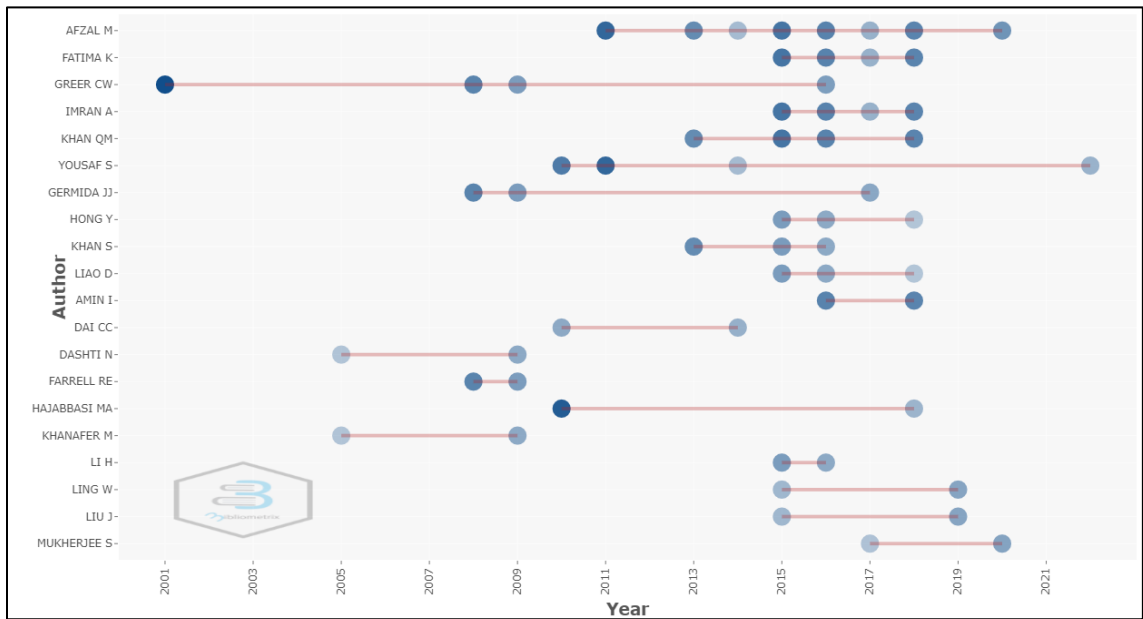


Fonte: O autor, 2021.

As marcações apresentadas em azul representam colaborações dentro das fronteiras de cada país e as apresentadas em vermelho as colaborações existentes entre países. Pode-se reparar que países com diversas colaborações se posicionam entre os três com maiores volumes de produção, a saber: China, Paquistão e Canadá, seguidos por Índia que não possui colaborações inter-países na temática proposta, porém apresenta um volume de produção equivalente aos Estados Unidos da América que alcança tal valor possuindo colaborações.

Alguns autores se destacam pela recorrência de suas publicações dentro da temática proposta. Na Figura 7 essa recorrência é demonstrada ao longo de uma escala temporal.

Figura 7: Autores mais recorrentes em produção no tema.

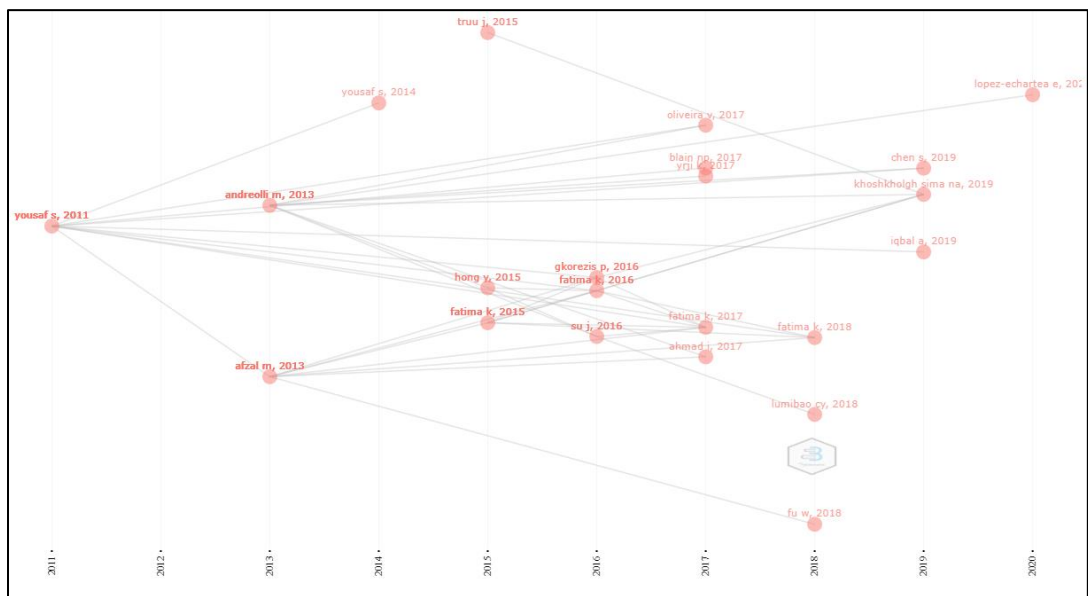


Fonte: O autor, 2021.

Além de demonstrar a recorrência, a escala de cor indica o volume de citações que cada artigo obteve, onde os tons mais escuros indicam mais citações. A metade a direita da figura 11, que representa a década entre 2011 e 2021, possui além de mais publicações um volume de citações das mesmas também perceptivelmente maior.

Extrapolando os dados de autores é demonstrado na Figura 8 a teia de citações entre O autor dessa temática.

Figura 8: Teia histórica de citações.



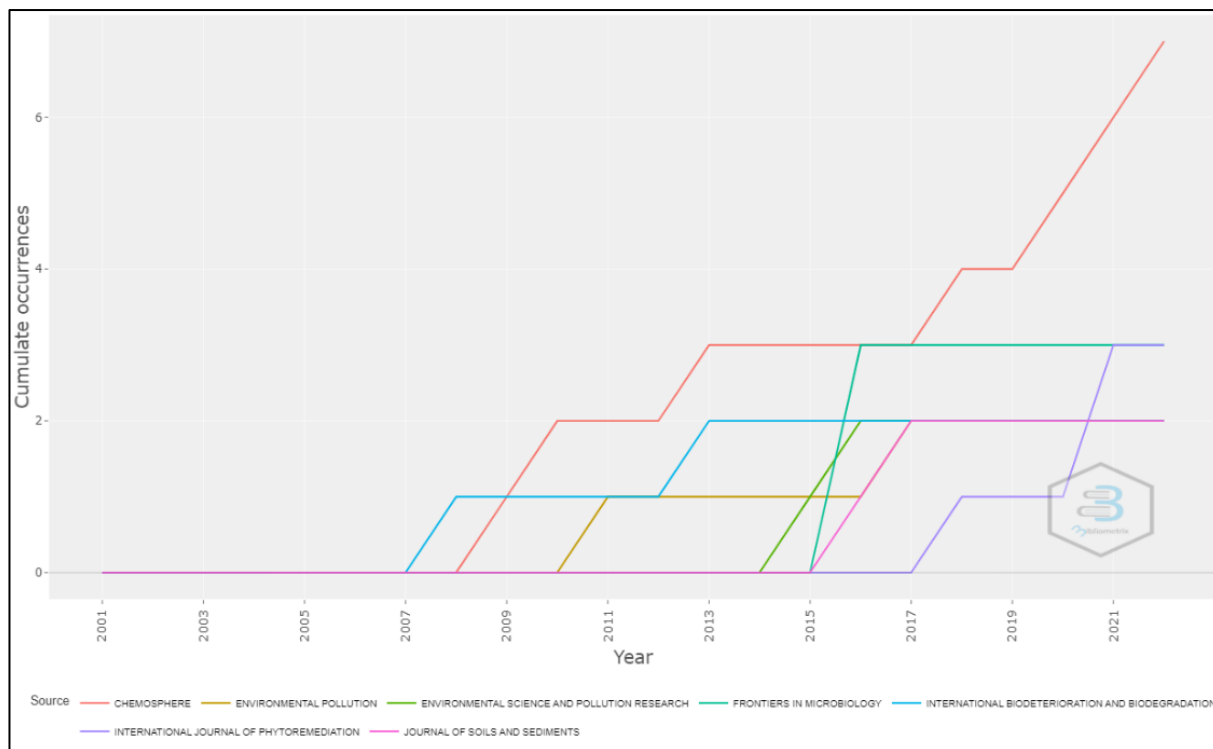
Fonte: O autor, 2021.

Percebe-se que Yousaf (2011) foi precursor de diversos artigos relevantes e encontrados pela sentença de busca porém não estava contemplado na mesma.

1.6.3 Resultados correlacionados pelo veículo

A Figura 9 exibe o crescimento cumulativo do número de artigos publicados por diferentes periódicos acadêmicos.

Figura 9: Crescimento cumulativo por veículo de informação.

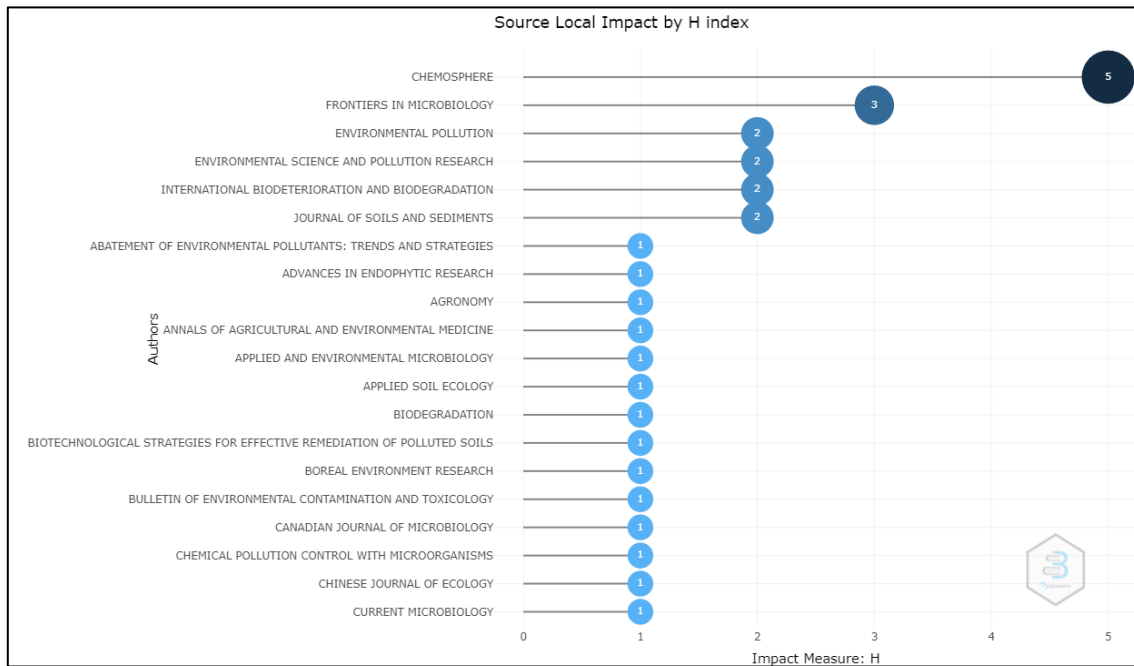


Fonte: O autor, 2021.

É visível a consistência de publicações deste tema na revista *Chemosphere*, além do atual interesse em publicações também nesse assunto nas revistas *Environmental Pollution*, *Environmental Science and Pollution Research* e *International Journal of Phytoremediation*. Outros periódicos demonstraram interesses esporádicos e poucas publicações dentro da temática.

Existem algumas formas de mensurar o fator de impacto de um autor em determinada área de estudo. Uma destas formas é através do Fator H, que utiliza o número de artigos publicados e o volume de citações que os mesmos receberam como métrica. Na Figura 10 são apresentados os periódicos classificados através do Fator H.

Figura 10: Impacto local pelo Fator H



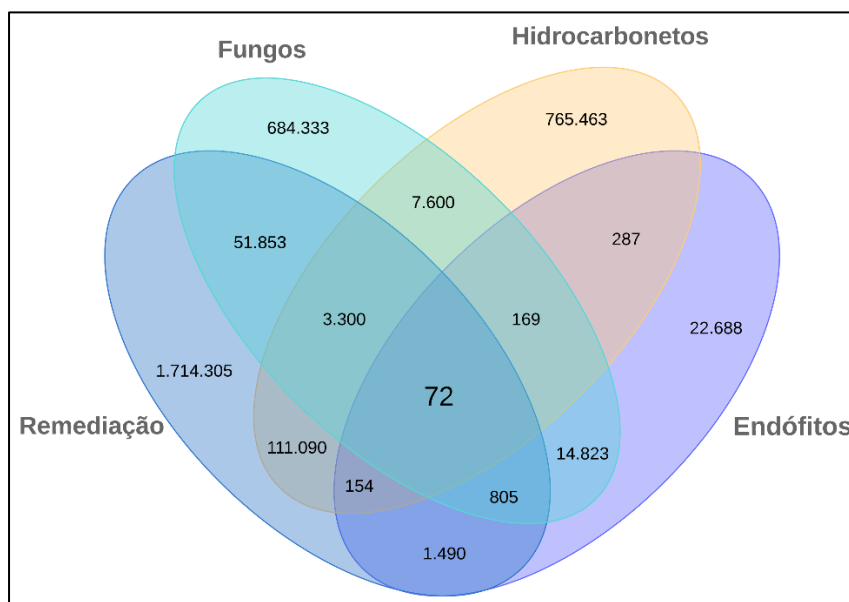
Fonte: O autor, 2021.

Novamente o periódico *Chemosphere* aparece em primeiro lugar, se destacando dos outros periódicos no fator de impacto, calculado pelo Fator H, seguido em segundo lugar por *Frontiers Microbiology* e tendo empatados em terceiro lugar os periódicos: *Environmental Pollution*; *Environmental, Science and Pollution Research*; *International Biodeterioration and Biodegradation* e *Journal of Soil and Sediments*.

Além do fator de impacto pode-se elencar os periódicos que fazem parte do cerne da maioria das pesquisas de uma área. Uma destas formas de distinção é através da Lei de Bradford que pode ser vista da Figura 11.

Na Figura 11 podem ser observados os quantitativos de artigos por estratégias de busca.

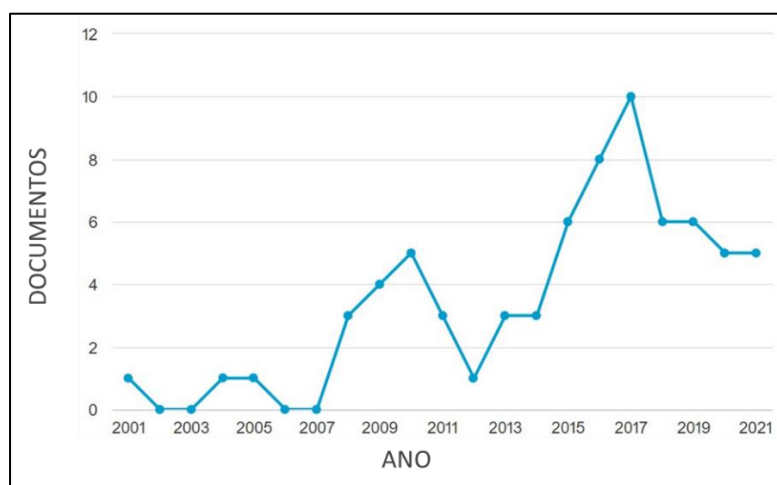
Figura 11: Diagrama de Venn de quantitativo de artigos.



Fonte: O autor, 2021.

A resposta a aplicação da estratégia de busca foi uma listagem com 72 artigos que atendem a todos os critérios de busca simultaneamente. Uma análise mais minuciosa dos mesmos revela que a temática proposta tem sido mais amplamente estudada ao longo dos anos como percebido na Figura 12.

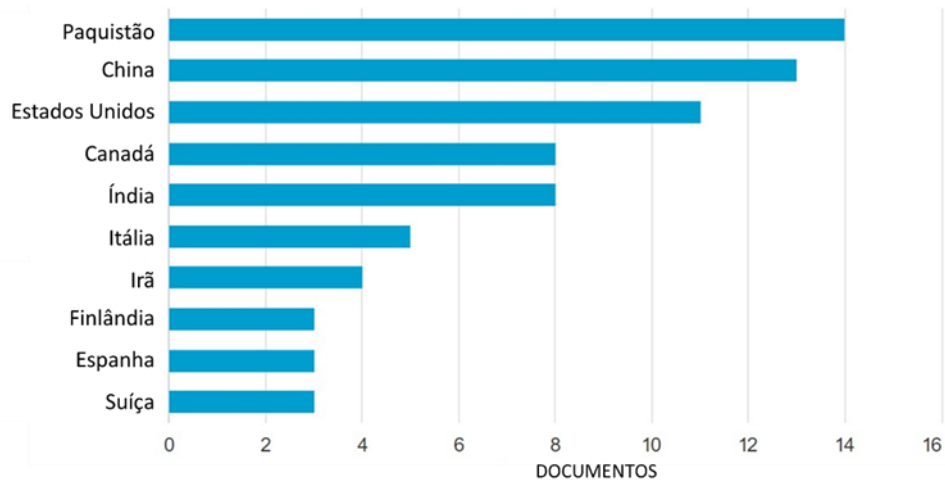
Figura 12: Artigos por ano de publicação.



Fonte: O autor, 2021.

Outra análise a ser feita é o volume de publicação tendo como referência o país de origem como pode ser verificado na Figura 13.

Figura 13: Artigos por país de origem.

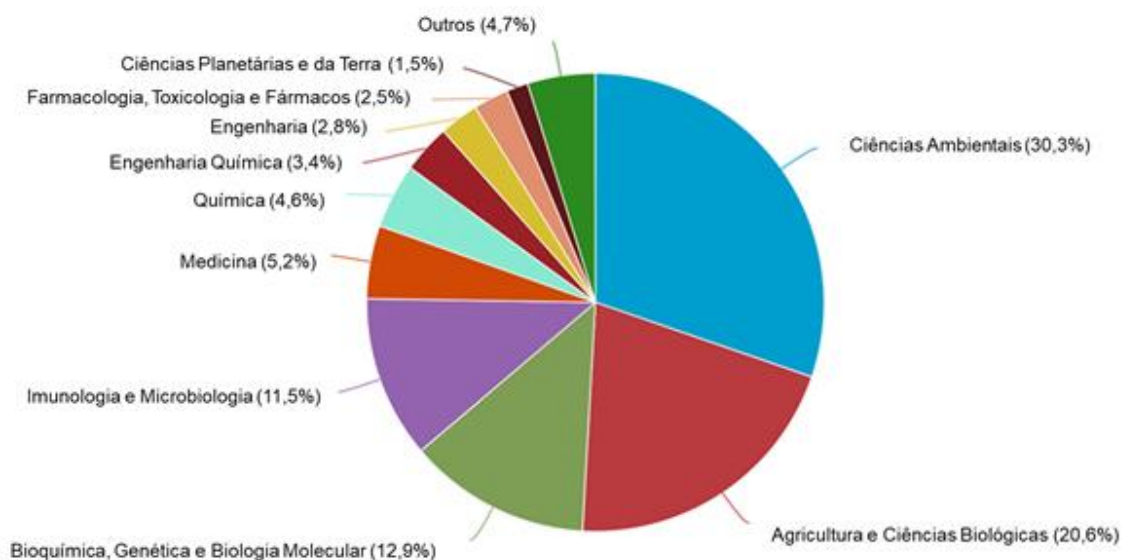


Fonte: O autor, 2021.

A partir destes dados é possível encontrar potenciais parceiros de pesquisa, descobrir verbas de fomento para estudos dentro da temática proposta por este trabalho, além de comparar com dados de buscas em bases de patentes

Dentre os artigos selecionados a partir da interseção das estratégias de busca propostas pode-se extrair um gráfico temático demonstrando as áreas do conhecimento que oportunizam estudos como o aqui apresentado como na Figura 14.

Figura 14: Artigos por área temática



Fonte: O autor, 2021.

Vale ressaltar as áreas de “Ciências Ambientais” e “Agricultura e Ciências Biológicas” que perfazem mais da metade dos artigos selecionados.

Como resultado da análise dos artigos destacados pela bibliometria, alguns conceitos, técnicas e considerações sobre processos e efeitos serão postos.

A restauração de comunidades de plantas nativas tipicamente consiste em (1) regeneração passiva não assistida através do banco de sementes ou regeneração vegetativa de plantas remanescentes (MARTÍNEZ-RAMOS et al., 2016), ou (2) revegetação ativa e reconstrução do ecossistema, sendo classificado pela restauração que envolve a reintrodução de plantas nativas tanto na forma de sementes ou mudas cultivadas em viveiro para áreas com pouca ou nenhuma vegetação residual (MCDONALD; JONSON; DIXON, 2016).

Para o presente trabalho foram selecionados os fungos do tipo *DSE* que possuem endófitos septados escuros por serem considerados os mais promissores e com vários estudos recentes (WU et al., 2020) e serem os mais conhecidos por possuírem hifas pigmentadas que são de fácil visualização (ADDY; PIERCEY; CURRAH, 2005).

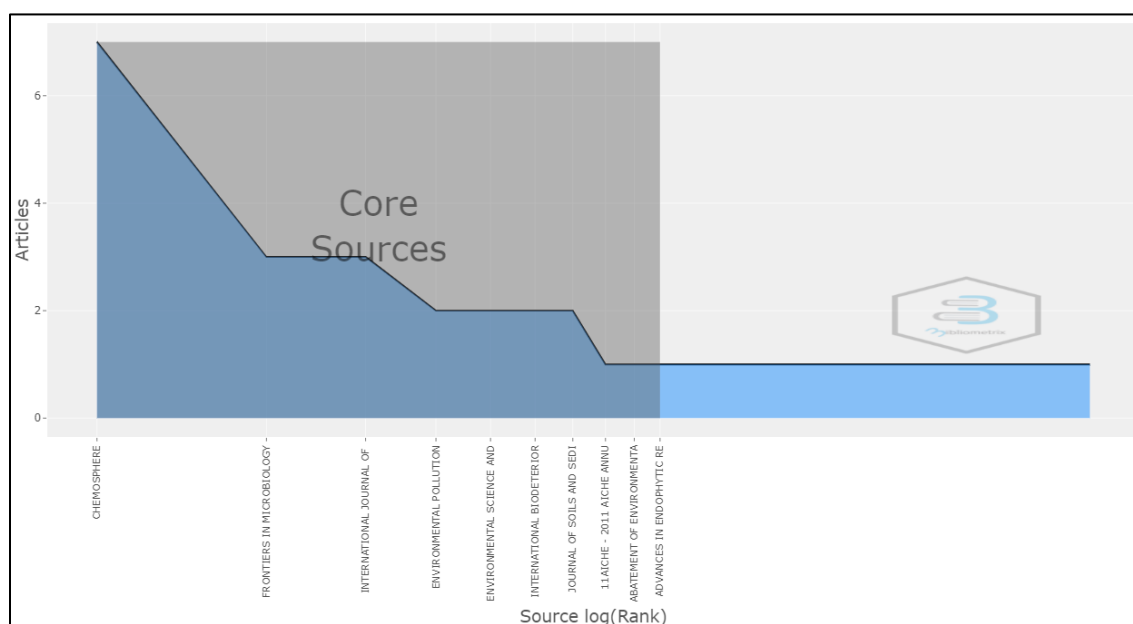
Os *DSE* são altamente melanizados, o que pode permitir que resistam a temperaturas extremas e à seca e, assim, aumentem o crescimento das plantas nessas condições além de possuírem a capacidade de degradarem compostos orgânicos de Nitrogênio e Fósforo e fornecê-los aos seus hospedeiros vegetais (JUMPPONEN; TRAPPE, 1998).

Várias das seguintes plantas podem ser usadas na fitorremediação: milho, camelina, mostarda, alface, aveia, cevada, ervilha, feijão, ervas perenes, etc. As misturas de grama devem ser selecionadas para o clima específico e condições das regiões levando em consideração a capacidade das safras individuais de acumular as substâncias poluentes na biomassa acima do solo (BEKUZAROVA et al., 2020).

Se, como a literatura sugere, tal endófito pode ser utilizada para promover aumentos na produção de plantas em habitats com recursos limitados, então a utilização de endófitos de fungos pode ser útil na área agrônômica e na conservação de áreas (HAMILTON et al., 2012).

Em áreas contaminadas por hidrocarbonetos existe a tendência de uma redução de biodiversidade arbórea o que não foi visualizado na biodiversidade de fungos micorrízicos arbusculares (TARDIF et al., 2016). Tal constatação corrobora que a contaminação de plantas por fungos do tipo *DSE* propicia um aumento do potencial adaptativo das plantas em ambientes sob estresse.

Figura 15: Principais fontes.



Fonte: O autor, 2021.

Novamente o periódico *Chemosphere* é o primeiro e mais relevante a ser apresentado. Seguido em segundo lugar por *Frontiers Microbiology* e empatados em terceiro os periódicos: *Environmental Pollution*; *Environmental, Science and Pollution Research*; *International Biodeterioration and Biodegradation* e *Journal of Soil and Sediments*.

1.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo se ateve a analisar e agrupar as frentes de estudos mais promissoras e pouco exploradas no campo da biorremediação, com o intuito de estimular e embasar estudos futuros como: Instalação de poços de monitoramento em áreas contaminadas antes dos testes preliminares com os espécimes vegetais inoculados com *DSE*, testar e tratar áreas contaminadas por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs Complexos, como por exemplo creosoto, e estabelecer parâmetros de comparação entre as espécies mais utilizadas em estudos anteriores, como milho, arroz, girassol, jímboa e gramíneas.

A China domina o panorama global de estudos para a área temática proposta e apresenta uma proteção ativa da propriedade intelectual relativa aos mesmos.

Como sugestões para trabalhos futuros, elaborar análises comparativas entre os pedidos de patentes e os artigos científicos afetos à temática deste trabalho, sob três óticas: titulares de pedidos de patentes versus filiações de autores de artigos científicos; inventores em pedidos de patentes versus autores dos artigos científicos; e ranking dos países que depositaram os pedidos originais de patentes

versus países que redigiram os artigos científicos. Uma alternativa é a análise sobre a possibilidade de trânsito internacional de microrganismos para fins de biorremediação e a utilização de fungos em consórcios com enzimas e bactérias, podendo ser promissora por trazer uma cadeia de interação mais complexa e resistente.

Valem ser elencadas como relevantes para estudos futuros a aplicabilidade de fungos do tipo *DSE* na agricultura pelo seu potencial biorremediador em larga escala e ainda o seu custo econômico relativamente baixo.

Quanto aos resultados, é percebido em nível mundial o potencial ainda pouco explorado das interações possíveis entre plantas e fungos. Os territórios em estresse, seja ele hídrico, salino ou por contaminantes, aumentam constantemente. Faz-se então necessária a busca por soluções viáveis para a manutenibilidade do estilo de vida atualmente proposto pela humanidade.

1.8 REFERÊNCIAS

ADDY, H. D.; PIERCEY, M. M.; CURRAH, R. S. Microfungal endophytes in roots. **Canadian Journal of Botany**, v. 83, p. 1–13, 2005.

AL-THANI, R. F.; YASSEEN, B. T. Phytoremediation of polluted soils and waters by native Qatari plants: Future perspectives. **Environmental Pollution**, v. 259, p. 113694, abr. 2020.

ARAGON-CORREA, J. A.; LEYVA-DE LA HIZ, D. I. The Influence of Technology Differences on Corporate Environmental Patents: A Resource-Based Versus an Institutional View of Green Innovations: The Firm's Patented Environmental Innovations. **Business Strategy and the Environment**, v. 25, n. 6, p. 421–434, set. 2016.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, nov. 2017.

AZUBUIKE, C. C.; CHIKERE, C. B.; OKPOKWASILI, G. C. Bioremediation techniques—classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, n. 11, p. 180, nov. 2016.

BAYER, P.; DOLAN, L.; URPELAINEN, J. Global patterns of renewable energy innovation, 1990–2009. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, n. 3, p. 288–295, jun. 2013.

BEKUZAROVA, S. A. et al. Soil degradation and remediation. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 913, p. 052054, 12 set. 2020.

BRASIL. LEI Nº 9.279, DE 14 DE MAIO DE 1996. **Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial.** 1996.

BRASIL. LEI Nº 9.478 DE 06 DE AGOSTO DE 1997, **Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o conselho nacional de política energética e a agência nacional do petróleo e dá outras providências.** Diário Oficial da União de 07/08/1997, pág. nº 16925, , 1997a.

BRASIL. **Protocolo de Quioto: a convenção sobre mudança do clima: O Brasil e a convenção – quadro das nações unidas.** Ministério da Ciência e Tecnologia., , 1997b.

BRETAS, W. V. et al. Roadmap tecnológico de patentes verdes como subsídio estratégico ao empreendedorismo sustentável. **ENGEMA**, v. XIX, 2018.

BRETAS, W. V. et al. Knowledge extraction on international markets from patent bases: a study on green patents. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 16, n. 4, p. 698–705, 8 dez. 2019.

COMMITTEE ON OIL IN THE SEA: INPUTS, FATES, AND EFFECTS et al. **Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects.** Washington, D.C.: National Academies Press, 2003. p. 10388

CORSATEA, T. D. Technological capabilities for innovation activities across Europe: Evidence from wind, solar and bioenergy technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 37, p. 469–479, set. 2014.

DICKSON, U. J. et al. Investigating the potential of sunflower species, fermented palm wine and *Pleurotus ostreatus* for treatment of petroleum-contaminated soil. **Chemosphere**, v. 240, p. 124881, fev. 2020.

ELSEVIER. **Content Coverage Guide: Research Intelligence.** Alemanha: Elsevier, 2020. Disponível em: <https://www-elsevier-com.ez135.periodicos.capes.gov.br/__data/assets/pdf_file/0007/69451/Scopus_ContentCoverage_Guide_WEB.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2022.

EPO. **Environmental Report 2020.** Alemanha: European Patent Office, 2020.

FATIMA, K. et al. Bacterial Rhizosphere and Endosphere Populations Associated with Grasses and Trees to be Used for Phytoremediation of Crude Oil Contaminated Soil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 94, n. 3, p. 314–320, mar. 2015.

FATIMA, K. et al. Plant species affect colonization patterns and metabolic activity of associated endophytes during phytoremediation of crude oil-contaminated soil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 7, p. 6188–6196, abr. 2016.

FATIMA, K. et al. Successful phytoremediation of crude-oil contaminated soil at an oil exploration and production company by plants-bacterial synergism. **International Journal of Phytoremediation**, v. 20, n. 7, p. 675–681, 7 jun. 2018.

FORSMAN, H. Environmental Innovations as a Source of Competitive Advantage or Vice Versa?: Green Innovations as a Source of Competitive Advantage or Vice Versa? **Business Strategy and the Environment**, v. 22, n. 5, p. 306–320, jul. 2013.

FRIETSCH, R.; SCHMOCH, U. Transnational patents and international markets. **Scientometrics**, v. 82, n. 1, p. 185–200, jan. 2010.

GERHARDT, K. E. et al. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: Potential and challenges. **Plant Science**, v. 176, n. 1, p. 20–30, jan. 2009.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONZALEZ MATEU, M. et al. Dark septate endophyte improves salt tolerance of native and invasive lineages of *Phragmites australis*. **The ISME Journal**, v. 14, n. 8, p. 1943–1954, ago. 2020.

GOODEN, B.; THOMPSON, E. R.; FRENCH, K. Do native plant associations with arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes differ between reconstructed and remnant coastal dunes? **Plant Ecology**, v. 221, n. 9, p. 757–771, set. 2020.

HALL, B. H.; HELMERS, C. Innovation and diffusion of clean/green technology: Can patent commons help? **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 66, n. 1, p. 33–51, jul. 2013.

HAMILTON, C. E. et al. Endophytic mediation of reactive oxygen species and antioxidant activity in plants: a review. **Fungal Diversity**, v. 54, n. 1, p. 1–10, maio 2012.

HUME, M. et al. Creating the Global Greenscape: Developing a Global Market-Entry Framework for the Green and Renewable Technologies. Em: ALEJANDRA GONZALEZ-PEREZ, M.; LEONARD, L. (Eds.). **Advances in Sustainability and Environmental Justice**. [s.l.] Emerald Group Publishing Limited, 2013. v. 11p. 151–185.

JEONG, D. H.; KWON, Y. I. Analysis on Convergence in Green Technology Field Using Patent Information. **Applied Mechanics and Materials**, v. 548–549, p. 1981–1993, abr. 2014.

JUMPPONEN, A.; TRAPPE, J. M. Dark septate endophytes: a review of facultative biotrophic root-colonizing fungi. **New Phytologist**, v. 140, n. 2, p. 295–310, out. 1998.

KUIPER, I. et al. Rhizoremediation: A Beneficial Plant-Microbe Interaction. **Molecular Plant-Microbe Interactions**, v. 17, n. 1, p. 6–15, jan. 2004.

LACALLE, R. G. et al. Effectiveness and ecotoxicity of zero-valent iron nanoparticles during rhizoremediation of soil contaminated with Zn, Cu, Cd and diesel. **Data in Brief**, v. 17, p. 47–56, abr. 2018.

LEYDESDORFF, L. Patent classifications as indicators of intellectual organization. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 59, n. 10, p. 1582–1597, ago. 2008.

LU, B. Expedited patent examination for green inventions: Developing countries' policy choices. **Energy Policy**, v. 61, p. 1529–1538, out. 2013.

MA, Y. et al. Plant growth promoting rhizobacteria and endophytes accelerate phytoremediation of metalliferous soils. **Biotechnology Advances**, v. 29, n. 2, p. 248–258, mar. 2011.

MARTÍNEZ-RAMOS, M. et al. Natural forest regeneration and ecological restoration in human-modified tropical landscapes. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 745–757, nov. 2016.

MCDONALD, T.; JONSON, J.; DIXON, K. W. National standards for the practice of ecological restoration in Australia. **Restoration Ecology**, v. 24, n. S1, jun. 2016.

MIRALLES-QUIRÓS, M.; MIRALLES-QUIRÓS, J.; LUIS VALENTE GONÇALVES. The Value Relevance of Environmental, Social, and Governance Performance: The Brazilian Case. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 574, 25 fev. 2018.

MIROSHNYCHENKO, I.; BARONTINI, R.; TESTA, F. Green practices and financial performance: A global outlook. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, p. 340–351, mar. 2017.

NANDY, S. et al. Fungal endophytes: Futuristic tool in recent research area of phytoremediation. **South African Journal of Botany**, v. 134, p. 285–295, nov. 2020.

NOAILLY, J.; RYFISCH, D. Multinational firms and the internationalization of green R&D: A review of the evidence and policy implications. **Energy Policy**, v. 83, p. 218–228, ago. 2015.

PEREIRA NETTO, A. D. et al. Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e seus derivados nitrados (NHPAs): uma revisão metodológica. **Química Nova**, v. 23, n. 6, p. 765–773, dez. 2000.

PHILLIPS, L. A. et al. Field-scale assessment of weathered hydrocarbon degradation by mixed and single plant treatments. **Applied Soil Ecology**, v. 42, n. 1, p. 9–17, maio 2009.

QUINTELLA, C. M.; MATA, A. M. T.; LIMA, L. C. P. Overview of bioremediation with technology assessment and emphasis on fungal bioremediation of oil contaminated soils. **Journal of Environmental Management**, v. 241, p. 156–166, jul. 2019.

SANTOS, S. G. DOS et al. Dark septate endophyte decreases stress on rice plants. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 48, n. 2, p. 333–341, abr. 2017.

SANTOS, J. J.; MARANHO, L. T. Rhizospheric microorganisms as a solution for the recovery of soils contaminated by petroleum: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 210, p. 104–113, mar. 2018.

SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

STERN, N. Stern review: the economics of climate change. 30 out. 2006.

STROBEL, G.; DAISY, B. Bioprospecting for Microbial Endophytes and Their Natural Products. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 67, n. 4, p. 491–502, dez. 2003.

TARDIF, S. et al. The Willow Microbiome Is Influenced by Soil Petroleum-Hydrocarbon Concentration with Plant Compartment-Specific Effects. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, 8 set. 2016.

TAYLOR, M. R. Innovation under cap-and-trade programs. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 13, p. 4804–4809, 27 mar. 2012.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

WALZ, R.; WEIDEMANN, F. M. Technology-specific absorptive capacities for green technologies in Newly Industrialising Countries. **International Journal of Technology and Globalisation**, v. 5, n. 3/4, p. 212, 2011.

WANG, M. et al. Soil Microbiome Structure and Function in Ecopiles Used to Remediate Petroleum-Contaminated Soil. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, p. 624070, 15 mar. 2021.

WANGLER, L. U. Renewables and innovation: did policy induced structural change in the energy sector effect innovation in green technologies? **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 56, n. 2, p. 211–237, mar. 2013.

YOUSAF, S. et al. Hydrocarbon degradation, plant colonization and gene expression of alkane degradation genes by endophytic *Enterobacter ludwigii* strains. **Environmental Pollution**, Nitrogen Deposition, Critical Loads and Biodiversity. v. 159, n. 10, p. 2675–2683, 1 out. 2011.

YOUSAF, S. et al. Ecology and Functional Potential of Endophytes in Bioremediation: A Molecular Perspective. Em: VERMA, V. C.; GANGE, A. C. (Eds.). **Advances in Endophytic Research**. New Delhi: Springer India, 2014. p. 301–320.

2 ARTIGO 2 - BIORREMEDIAÇÃO COM FUNGOS EM ÁREAS CONTAMINADAS POR HIDROCARBONETOS: PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA EM BASES PATENTÁRIAS

2.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho é identificar o Estado da Técnica relacionado às tecnologias que se utilizam de fungos para promover a biorremediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos. A relevância desse tema é evidenciada: pelo crescente número de acidentes ambientais advindos da exploração de reservas de óleo e gás; pela indicação da biorremediação como técnica passível de oportunizar a devolução da área contaminada para um estado mais próximo de suas características naturais; e pela utilização de fungos estar se mostrando promissora para tal biorremediação. Como a temática Patentes permanece incipiente nas matrizes curriculares dos cursos de graduação, no Brasil, é feita uma revisão abordando os principais conceitos e procedimentos para o depósito e a obtenção de patentes, e as terminologias Patentes Verdes, inovação e empreendedorismo. É realizada uma busca pelo Estado da Técnica na base de patentes Derwent, a qual é mantida pela *Web of Science – WoS* e na base Espacenet, mantida pelo escritório europeu de patentes. Quanto aos resultados, destacam-se como principais focos a biotecnologia e a tecnologia ambiental, sendo as tecnologias para degradação de hidrocarbonetos as mais recorrentes. Há um equilíbrio entre as pesquisas desenvolvidas por Instituições de Ciência e Tecnologia e por empresas privadas. Isso pode caracterizar que tal área, apesar de promissora, ainda não está madura.

Palavras-chave: Óleo e Gás, Petróleo, Solos Contaminados, Inovação, Patentes.

2.2 ABSTRACT

The objective of this work is to identify the state of the art related to technologies that use fungi to promote the bioremediation of areas contaminated by hydrocarbons. The similarity of this theme is evidenced: by the growing number of environmental accidents arising from the exploration of oil and gas reserves; for the indication of bioremediation as a technique likely to provide opportunities for the return of the contaminated area to a state closer to its natural characteristics; and because the use of fungi is proving to be promising for such bioremediation. As the theme Patents remains incipient in the curricular matrices of undergraduate courses in Brazil, a review is made addressing the principles and procedures for depositing and obtaining patents, and the terminologies Green Patents, innovation and entrepreneurship. A state of the art search is carried out in the Derwent patent database, which is maintained by the Web of Science – WoS and in the Espacenet database, maintained by the European patent office. As for the results, biotechnology and environmental technology stand out as the main focuses, with hydrocarbon degradation technologies being the most recurrent. There is a balance between the research carried out by Science and Technology Institutions and by private companies. This may indicate that this area, although promising, is not yet mature.

Keywords: *Oil and Gas, Petroleum, Contaminated Soils, Innovation, Patents.*

2.3 INTRODUÇÃO

Apesar dos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação nas áreas de exploração e produção de petróleo serem de 1% da receita operacional bruta desta indústria (Lei nº 9.478, BRASIL, 1997), a sociedade ainda carece de tecnologias eficazes e economicamente viáveis para sanar o consequente passivo ambiental associado. Os custos desses passivos ambientais são de grande preocupação e vão além do custo econômico direto e ambientais (WANG et al., 2021), pois perpassam custos sociais como a capacidade carcinogênica (PEREIRA NETTO et al., 2000), que possuem métricas complexas de mensuração.

Uma abordagem promissora na remediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos tem sido a aplicação de técnicas que lançam mão de consórcios planta-bactérias, os quais possuem ampla pesquisa e descrição na literatura (FATIMA et al., 2018). Cerca de um milhão de espécies de fungos endofíticos infectam aproximadamente 300 mil espécies de plantas catalogadas (STROBEL; DAISY, 2003). Tal técnica é considerada adequada ao tratamento de áreas contaminadas por hidrocarbonetos por se tratar de um contaminante complexo (KUIPER et al., 2004).

Na busca por essas técnicas futuristas, uma revisão em bases de dados de patentes, Quintella, Mata e Lima (2019) dissertam sobre foco de aplicação, agentes de biorremediação e principais poluentes abordados concluindo então que o surgimento de patentes lançando mão de bactérias e fungos para a biorremediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos é recente e indicado por tornar o processo mais robusto às mudanças ambientais, sendo uma potencial oportunidade de pesquisa com massa crítica e alto potencial de crescimento.

Apesar da evidente relevância da prospecção tecnológica em bases patentárias, um trabalho que concatene estudos relacionando a biorremediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos se utilizando de fungos endófitos como promotores da mesma, e uma prospecção tecnológica que chegue às patentes que demonstram as tecnologias para este fim, não foi encontrado.

A fim de propor um estudo patentário focado nessa temática, a estrutura deste trabalho inicia apresentando uma breve base conceitual para auxiliar o entendimento do tema, sem o intuito de extinguir todas as dúvidas ou lacunas, porém possibilitando correlações que serão confrontadas a posteriori. Em seguida, são apresentados os materiais e métodos utilizados para os levantamentos de dados e como foi realizada a tratativa deles para transformá-los em informações palatáveis. Logo após, os resultados são apresentados e categorizados, sendo provenientes de bases de patentes para facilitar o entendimento e posteriores correlações. Por fim, as conclusões são apresentadas, seguidas de breves explicações, no intuito de correlacionar os objetivos e os achados, dando ênfase naquilo que se buscava a primeiro momento e aquilo que foi descoberto apenas ao decorrer da pesquisa.

2.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é identificar o Estado da Técnica relacionado às tecnologias que se utilizam de fungos para promover a biorremediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos.

2.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma prospecção tecnológica em bases patentárias acerca da utilização de fungos para promover a biorremediação de áreas contaminadas por hidrocarbonetos;
- Identificar e agrupar os focos tecnológicos das patentes encontradas;
- Identificar os principais atores que desenvolvem tecnologias relacionadas à temática ora apresentada.

2.4 REVISÃO DA LITERATURA

Para melhor entender os conceitos relacionados ao presente trabalho, segue uma breve revisão das terminologias relacionadas às questões patentárias, bem como às tecnologias ambientais que suscitaram as estratégias da pesquisa aqui realizada.

2.4.1 Patentes

Patente é um título de propriedade temporária sobre uma invenção (PI) ou modelo de utilidade (MU), outorgado pelo Estado aos inventores ou autores ou outras pessoas físicas ou jurídicas detentoras de direitos sobre a criação Lei 9279.(1996). Mas nem toda invenção pode ser patenteada. Ainda de acordo com a Lei 9279.(1996) e os diversos acordos internacionais que regem a matéria "patentes", há três requisitos para que uma invenção seja passível de proteção patentária: Ser Novidade (PI) ou apresentar nova forma ou disposição (MU) em nível Mundial; Decorrer de Atividade Inventiva (PI) ou de Ato Inventivo (MU); e Ter Aplicação Industrial.

Assim, o titular de uma patente concedida pode impedir terceiros de explorar comercialmente seu invento, sem que haja sua anuência expressa num contrato de transferência de tecnologia ou de permissão de exploração patentária. Em contrapartida a esse direito de excluir terceiros, o inventor se obriga a revelar detalhadamente todo o conteúdo técnico da matéria protegida pela patente. Isso propicia uma elevação no conhecimento tecnológico mundial, ampliando o que é denominado "Estado da Técnica". Para tal, é necessário que exista suficiência descritiva da tecnologia ao ponto que, caso um especialista na área tenha acesso a essa descrição seja a ele possível replicá-la.

De acordo com o INPI, caso um produto, processo ou melhoria no uso ou fabricação de objetos como utensílios ou ferramentas tenha sido inventado ele é passível ao direito a uma patente, podendo esta ser uma Patente de Invenção ou Patente de Modelo de Utilidade no último caso exposto.

Vale ressaltar que existem requisitos de patenteabilidade mundialmente comungados e previstos na Lei de Propriedade Industrial 9.279/96, quais sejam:

- ✓ Novidade - a matéria objeto da pesquisa precisa ser nova, ou melhor, não pode ter sido revelada previamente, seja por via oral, escrita ou seu uso; logo não pode pertencer ao estado da técnica;
- ✓ Atividade Inventiva - os resultados da pesquisa não podem ser óbvios para um técnico especializado no assunto, ou seja, não podem ser resultantes de uma mera combinação de fatores já pertencentes ao estado da técnica sem que haja um efeito técnico novo e inesperado, nem uma simples substituição de meios ou materiais conhecidos por outros que tenham conhecida a mesma função e;
- ✓ Aplicação Industrial - a invenção deve ter aplicação seriada e industrial em qualquer meio produtivo.

2.4.2 Banco de Dados de Patentes

No presente trabalho, em que dados e informações não são sinônimos, um Banco de Dados (ou Base de Dados) foram considerados como agrupamentos de fatos brutos ou primários que, de forma estanque não representam sentido, porém quando organizados podem gerar conhecimento em forma de informação inteligível.

O desenvolvimento do conhecimento das tecnologias é descrito pelo uso progressivo de patentes e tais dados são classificados possibilitando assim a utilização destas na forma de um Banco de Dados. Ao apresentar esses indicadores a nível nacional e setorial, o uso de dados de patentes fornece uma quantidade significativa de potencial de informações.

Primeiro, a localização geográfica dos pedidos de patente permite identificar a localização das atividades de inovação e construção no mundo. Em segundo lugar, uma agregação das patentes em termos da área do conhecimento e/ou campos tecnológicos permite a construção de um entendimento em que setor da economia estas inovações estão ocorrendo. Terceiro, e não menos relevantes, permitem uma correlação significativa entre patentes e áreas / setores que estão recebendo mais investimentos em P & D (CORSATEA, 2014).

2.4.3 Informações Patentárias

A organização das informações patentárias, além dos dados bibliográficos de inventores, titulares, datas etc., é complementada por classificações internacionais, as quais dividem as patentes em dezenas de milhares de focos tecnológicos. As classificações mais usadas são a *IPC - International Patent Classification* e a *CPC - Cooperative Patent Classification*. Leydesdorff (2008) destaca que enquanto as publicações científicas são organizadas em termos de revistas, o sistema primário para a organização intelectual das patentes é a classificação. Diz ainda que do ponto de vista da ciência da informação e da tecnologia, as classificações de patentes nos fornecem os resultados de grandes investimentos dos escritórios de patentes para organizar as patentes intelectualmente.

Cada país ou conglomerado de países em comum acordo, como o caso da União Europeia, possui um escritório de patentes para a realização das análises prévias dos pedidos de patentes. Tal análise consiste na avaliação formal do requerimento; de patenteabilidade e técnica. Após tais crivos serem atendidos a patente é concedida.

Além disso, com a acirrada concorrência que o capitalismo impõe às empresas, é de se esperar que informações tecnológicas estratégicas não estejam disponíveis aos concorrentes. Mas como o detalhamento da invenção é pré-requisito ao seu patenteamento, um dos poucos lugares onde as invenções mais recentes estão detalhadamente descritas é justamente nas patentes.

A abordagem padrão para o estudo empírico de invenções é analisar as tecnologias de acordo com a atividade de patenteamento, que é um indicador da produção inventiva direcionada para vendas no país que emite a patente; também é um bom norte para investimentos em P & D como afirma Taylor (2012).

Não obstante, Hume et al. (2013) identifica como "critérios de sucesso e falha" o planejamento, a patente e as parcerias como essenciais para a alavancagem de um país, principalmente nos em desenvolvimento onde completa citando os B.R.I.C.s.

Promover e incentivar a cooperação e colaboração entre empresas que geram patentes e potenciais usuários, com o que pode se promover inovações e o desenvolvimento de soluções que beneficiem o meio ambiente tornando-se então de importância global, segundo Hall; Helmers (2013).

Além disso, há um debate cada vez maior sobre a natureza mutável da transferência e cooperação de tecnologia em matéria de aprendizagem e aquisição de conhecimento através de bases internacionais de patentes(WALZ; WEIDEMANN, 2011).

Esta tamanha relevância do tema é também compartilhada e percebida por Lu (2013), quando expõe que métodos para incentivar invenções verdes, como programas de aceleração de exame de patentes verdes estão sendo implementados em escritórios de Patente em todo o mundo.

Wangler (2013) coloca as inovações como cruciais para o crescimento econômico e desenvolvimento, sendo estudá-las altamente relevante para um melhor entendimento de esquemas estruturais de sistemas de economias finas, completa levantando um debate se a demanda impulsiona a inovação, ou o contrário.

Sendo então exposto um consenso onde a relevância do uso de bancos de patentes como bases confiáveis e aplicáveis, para estudos de crescimento econômico e desenvolvimento deve-se então pensar em como transformar este conhecimento documentado em dados a serem utilizados e quais critérios devem ser atendidos para que tais dados sejam interpretados e crivados de modo a exibir de forma clara os resultados obtidos e serem passados então como informação.

2.4.4 Inventário Verde da Classificação Internacional de Patentes

Dois anos após a definição de quais seriam as Tecnologias Ambientalmente Amigáveis houve a implementação da *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) onde passou-se do conceito amplo das tecnologias limpas, definido na Agenda 21 (1995) como “tecnologias de processos e produtos que geram pouco ou nenhum resíduo, tecnologias que protegem o meio ambiente e que são menos poluentes”, para a listagem de quais seriam tais tecnologias. Como consequência disso, a Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO – *World Intellectual*

Property Organization) criou o Inventário Verde da Classificação Internacional de Patentes (*International Patent Classification Green Inventory*), estabelecendo que produtos ou processos seriam passíveis de ter sua proteção intelectual na forma de uma Patente Verde como biocombustíveis, energia solar e células-combustível.

2.4.5 Patentes Verdes

Em 2007, a Organização Mundial da Propriedade Intelectual definiu as áreas tecnológicas onde produtos ou processos poderiam ser incluídos na classificação das então definidas como Patentes Verdes.

Isso incitou os escritórios de patentes dos países a traçarem diretrizes de estímulo ao desenvolvimento de soluções tecnológicas focadas nas ditas tecnologias verdes. O INPI, através da Resolução 283 (2012) determinou que os pedidos de patentes depositados nessas áreas fossem prioritariamente examinados como um programa piloto “Patentes Verdes” que foi tornado serviço permanente pela Resolução 175 (2016).

Segundo Aragon-Correa; Leyva-De la Hiz (2016), desde a adoção do Protocolo de Kyoto em 1997, o número de patentes verdes cresceu aproximadamente 20% anualmente e este crescimento acelerou-se em mais de 30% desde que os escritórios de patentes começaram a prover um código de classificação ambiental específica no intuito de dedicar uma prioridade administrativa as mesmas.

Miralles-Quirós; Gonçalves (2018) deduzem que as pesquisas que envolvem tecnologia e meio ambiente evoluem, sendo foco de discussões das políticas públicas em todos os países lista as áreas abrangidas pelas tecnologias verdes.

Tabela 1 - Áreas Tecnológicas das Patentes Verde.

Área	Grupo
Patentes Verdes	Energias alternativas
	Transportes
	Conservação de energia
	Gerenciamento de resíduos
	Agricultura sustentável

Fonte: OMPI e INPI (2012).

Para demonstrar a elevada expectativa de negócios na área da sustentabilidade, Forsman (2013) já afirmava que as inovações ambientais iriam gerar mais de 60 milhões de novos empregos nos próximos 20 anos e provavelmente proveriam sólida vantagem competitiva para empresas inovadoras

que possuem os direitos de tais inovações. Tal afirmação vem se evidenciando pelo porte das empresas que estão investindo nas *Environmentally Sound Technologies - ESTs*. Bayer; Dolan; Urpelainen (2013) apresentam como um dos indutores do crescimento da demanda por alternativas energéticas, principalmente em países em rápida industrialização, onde é o alto preço do combustível praticado.

2.4.6 *EST - Environmentally Sound Technologies*

O conceito *EST - Environmentally Sound Technologies* (traduzido por BRETAS et al., 2018) como Tecnologias Ambientalmente Amigáveis), proposto em 1992 durante a Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro (Rio Summit 92), estabeleceu um norte para que fosse efetivamente repensada a correlação entre desenvolvimento econômico, tecnológico e conservação ambiental.

2.4.7 Inovação e Difusão Tecnológica

Corsatea, 2014 apresenta uma visão na qual defende que o desenvolvimento do conhecimento das tecnologias é descrito através do uso de patentes e despesas corporativa para pesquisa. Ao apresentar esses indicadores a nível nacional e setorial, o uso de dados de patentes fornece uma quantidade significativa de poder de informações. Primeiro, a localização geográfica dos pedidos de patente permite a localização das atividades de inovação e construção regional e sistemas nacionais de inovação. Em segundo lugar, uma agregação do conhecimento relevante em vários campos tecnológicos permite a construção de um sistema setorial de alternativas energéticas. Terceiro, e o mais relevante para a análise atual, a distribuição das patentes permite a construção de investimentos privados em Pesquisa e Desenvolvimento - P&D de fontes energéticas renováveis, já que existe uma correlação significativa entre patentes e despesas de P&D.

Viabilizaram-se em vários países a adoção de políticas de estímulo às tecnologias ambientalmente amigáveis. Inicialmente as ações de estímulo estavam ligadas à priorização no processo de concessão de Patentes Verdes, como fora estabelecido pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, no Brasil.

Num projeto piloto pioneiro, desde 2012 os pedidos de patente que estivessem contidos numa das áreas tecnológicas do dito Inventário teriam prioridade em sua análise. Em seguida, diversas agências de fomento, distribuídas mundo afora, passaram também a adotar políticas para priorizar investimentos nas *ESTs*.

2.4.8 Empreendedorismo Sustentável

Empreendedorismo Sustentável é o pensamento na estratégia empresarial atrelado a sustentabilidade que envolve fatores, ambientais, sociais e económicos, como respostas pragmáticas das empresas sendo entendidas como variáveis na tomada de decisões e não só as alterações mercadológicas.

A partir deste novo cenário mundial, onde os holofotes miram na sustentabilidade e onde políticas públicas estimulam o Empreendedorismo Sustentável, saber como se enquadrar numa dessas áreas pode constituir-se num diferencial competitivo relevante.

O apelo verde para negócios vem gerando visibilidade internacional como oportunidade para o empreendedorismo de alto impacto segundo Frietsch; Schmoch (2010), uma forma de promover uma pegada ambiental através de benefícios fiscais ou uma maior aceitação por parte do público alvo, quando o mercado onde este empreendimento está inserido influencia na tomada de decisões por parte dos gestores por tecnologias e medidas ambientalmente amigáveis.

O interesse internacional em desenvolver tais negócios somente encontra destinos viáveis quando percebe políticas públicas que estimulem a implantação de soluções ambientalmente amigáveis. Noailly; Ryfisch (2015) destacam que as empresas são mais propensas a realizar o chamado P&D Verde quando os países que as hospedam possuem atributos mais atraentes.

A probabilidade de uma empresa deslocar seu setor de P&D Verde está diretamente associada ao tamanho do mercado no país anfitrião. Nota-se que a correlação entre a capacidade de gerar invenções e o tamanho do mercado para difundir as inovações delas originadas está diretamente relacionada ao tamanho do mercado e aos incentivos dados à P&D.

Assim, um dos principais interesses é a detecção das forças incentivadoras. Há muitos anos, tem havido um debate sobre a questão de se a demanda impulsiona a inovação, ou o contrário. Concluiu-se analisando o que se concretizou do potencial das tecnologias sustentáveis, refletindo que embora tenha havido um crescimento significativo no setor de Tecnologias Verdes nos últimos anos, estas ainda estão operando em um nível relativamente baixo (a energia eólica é uma exceção). O que denota um potencial consistente para o crescimento do empreendedorismo sustentável, pois ainda há muito espaço a ser explorado.

Uma das possíveis vertentes na busca por soluções ambientais é a concatenação de tecnologias tratadas como estanques, mas que podem ser complementares. Jeong; Kwon (2014) afirma que a saída estratégica não é perceber apenas a combinação de tecnologias diferentes em uma tecnologia, mas sim a criação de um novo valor através de uma nova perspectiva e imaginação baseada no conhecimento existente.

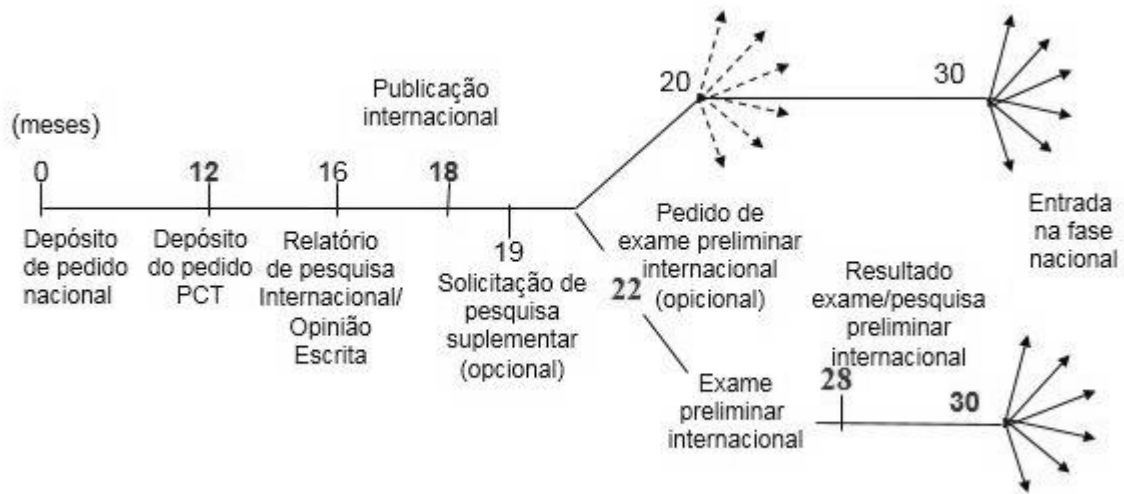
Jeong; Kwon (2014) descreve a sinergia relatada de convergência tecnológica. Tal pensamento é corroborado por Walz; Weidemann (2011), quando diz haver um debate cada vez maior sobre a natureza mutável da transferência e cooperação de tecnologia em matéria de aprendizagem e aquisição de conhecimento.

2.4.9 Sistemas de Depósitos de Pedido de Patentes

Um Sistema de Depósitos de Patentes nada mais é que o rito burocrático estabelecido para a entrada de um pedido de patente, seja na fase nacional de um país com possibilidade de posteriormente dar entrada ao *PCT* ou o depósito direto do pedido de patente ao *PCT* com possibilidade de depósito nas fases nacionais de outros países signatários.

Uma analogia razoável para um depósito de pedido de patente é a burocracia seguida para um casamento civil: é necessário um pedido prévio (pedido de depósito de patentes), a partir do qual será realizada uma pesquisa para garantir que os cônjuges não possuem contratos de casamento vigentes em outros estados ou países (Pesquisa por anterioridade) e seguidos tais conformes é emitida uma certidão de casamento (Patente). Uma representação esquemática pode ser vista na Figura 16.

Figura 16: Fluxograma depósito de patentes.



Fonte: Adaptado pelo autor 2022

2.4.10 PCT - Patent Cooperation Treaty

Este acordo, que conta com mais de 155 países signatários, conforme apresentado na Figura 17, permite que um mesmo depósito de patente seja introduzido na fase nacional de cada país elencado pelo depositante, expandindo a proteção daquela propriedade intelectual a outros mercados e garantindo, por ocasião da concessão, que sua vigência seja retroativa à data do depósito original.

Há uma ideia de que patentes protegidas em mais de um país são mais impactantes. Esta percepção é comungada por Leydesdorff (2008), quando afirma poder-se esperar que, principalmente, patentes de certo valor econômico e tecnológico tenha suas proteções estendidas além do mercado interno.

O autor diz ainda que, do ponto de vista da análise da informação, a base de dados *PCT* da OMPI – Organização Mundial da Propriedade Intelectual, em Genebra/Suíça tem a vantagem de que todos os registros são recolhidos de acordo com uma norma comum em sua ferramenta de pesquisa o Patentscope. E conclui, extrapolando que o mapeamento dessas patentes pode ser utilizado para mostrar os campos de especialização tecnológica de cada país.

Figura 17: Os 155 Países Signatários do *PCT*.



Fonte: WIPO (2022).

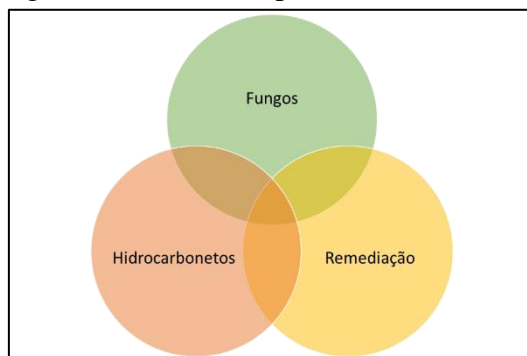
Dentro das bases patentárias, um dos indícios que denota o interesse dos titulares dos pedidos de patentes em sua exploração fora do país onde tal tecnologia fora gerada é seu depósito no *PCT*.

Dada a abrangência e a normalização contida nos documentos de patente, e posto que se dispõe de uma relação, dentro dos códigos dados pela Classificação Internacional de Patentes – *IPC* (do inglês *International Patent Classification*), que incluem as *ESTs*, viabilizam a condução de pesquisas, em âmbito mundial, para o mapeamento da gênese de tais tecnologias, bem como da sua difusão internacional que passa então a ser possível e acessível, via internet, através das informações disponibilizadas pelos escritórios nacionais de propriedade intelectual/industrial (BRETAS et al., 2019).

2.5 MATERIAIS E MÉTODOS

Foram escolhidos termos para composição da estratégia para uma busca patentária. Na Figura 18, estão apresentados os conceitos utilizados assim como as interseções esperadas.

Figura 18: Conceitos para coleta de dados.



Fonte: O autor, 2021.

A busca pelo Estado da Técnica foi realizada na base Espacenet (EPO, 2020), desenvolvida pelo Escritório Europeu de Patentes, a qual congrega informações dos principais escritórios de patente do mundo e da própria Organização Mundial da Propriedade Intelectual - OMPI. Devido a características relacionadas a forma de escrita e estruturas de busca patentária optou-se por alterar os tesouros referentes ao conceito B pela Classificação Internacional de Patente (IPC, sigla em inglês) que melhor o representa. A árvore decisória encontra-se descrita na Figura 19.

Figura 19: Recorte selecionado da Classificação Internacional de Patentes.

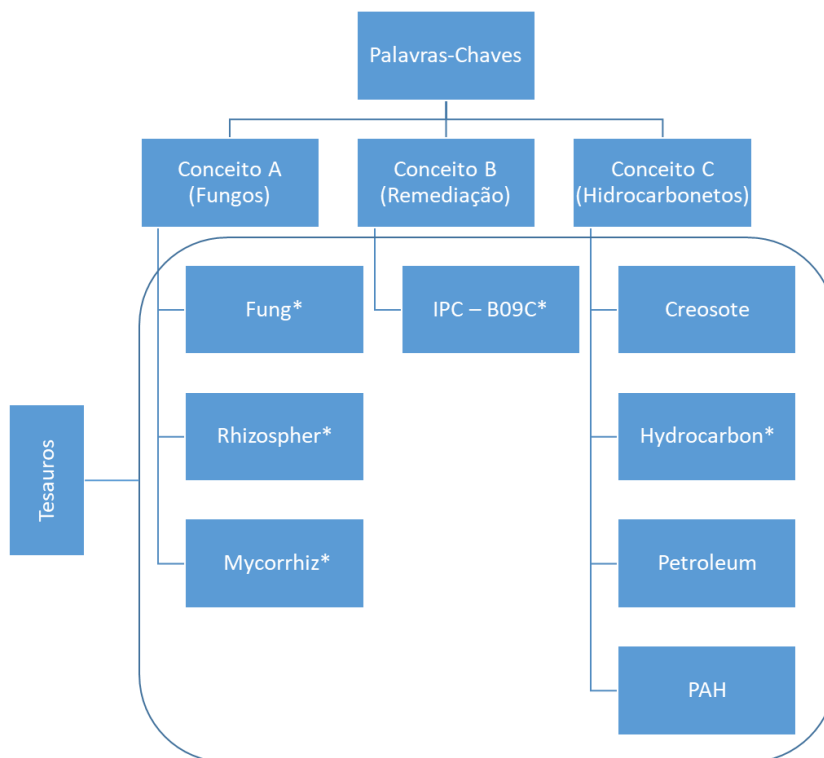
+	B	PERFORMING OPERATIONS; TRANSPORTING
-	B09	DISPOSAL OF SOLID WASTE; RECLAMATION OF CONTAMINATED SOIL [6]
-	B09C	RECLAMATION OF CONTAMINATED SOIL (gatherers for removing stones or the like from the soil A01B 43/00; sterilising soil by steam A01G 11/00; removing undesirable matter, e.g. rubbish, from the land E01H 15/00) [6] Note(s) [6] In this subclass, the following term is used with the meaning indicated: • "reclamation" means the partial or total elimination or the fixing of contaminants in soil.

Fonte: O autor, 2021.

A Classificação Internacional de Patentes – IPC consiste em 8 seções, divididas em “A”, “B”, “C”, “D”, “E”, “F”, “G” e “H”, que por sua vez são desdobradas em classes, sub-classes, grupos e sub-grupos, nessa ordem.

Na Figura 20 é apresentada a estratégia selecionada e os tesouros aplicados para a busca em base de patentes.

Figura 20: Estratégia de busca por patentes.



Fonte: O autor, 2021.

A transcrição desta sentença de busca no modelo da base Espacenet pode ser lida na transcrição presente na Figura 21.

Figura 21: Sentença no modelo da base Espacenet.

Conceito	Sentença	Escopo	
Fungos (A)	("fung*" OR "rhizospher*" OR "mycorrhiz*")	AND ctxt all	
Remediação (B)	"B09C"		cl
Hidrocarbonetos (C)	("creosote" OR "hydrocarbon*" OR "petroleum" OR "pah")		ctxt all

Fonte: O autor, 2021.

Para a busca de patentes, a inclusão do termo endófito (*endophyt**) gera o resultado de uma única patente. Por ser um universo amostral pequeno, optou-se por suprimir este termo sem perda de significado.

2.6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O tratamento dos dados de patentes foi realizado através da ferramenta Espacenet (EPO, 2020), ferramenta essa que possibilitou a busca ser realizada em âmbito global permitindo a extração de informação pertinente em formas gráficas e inteligíveis.

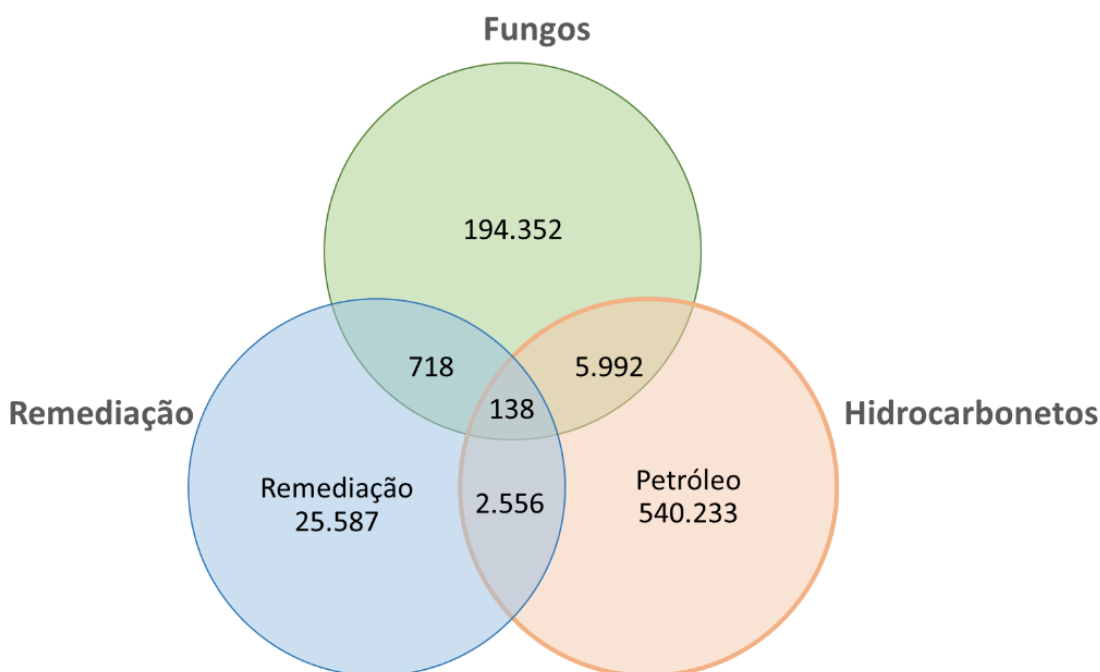
2.6.1 Análise do estado da técnica

Com o intuito de obter um maior aprofundamento nas descrições tecnológicas e rumos tomados por grandes organizações em uma dada área específica do conhecimento, faz-se necessária uma análise aprofundada em base de patentes. Esse estudo, ora conhecido como análise do estado da técnica, permite levantar dados tecnológicos que são relevantes, originais e com aplicação na indústria.

2.6.2 Busca em base de patentes

Na Figura 22 podem ser observados os quantitativos de patentes por estratégias de busca.

Figura 22: Diagrama de Venn de quantitativo de patentes.



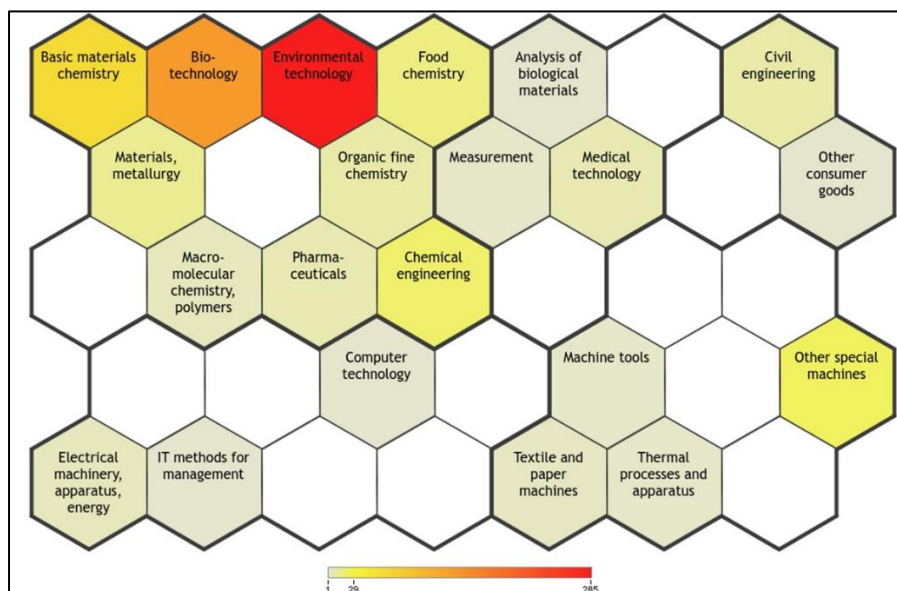
Fonte: O autor, 2021.

Pela análise das 138 patentes encontradas foi realizado um agrupamento das mesmas em 10 códigos de classe de documentos usando um sistema de classificação simples para todas as tecnologias. Essa classificação única é aplicada consistentemente a todas as patentes pelos especialistas da área do Derwent.

2.6.3 Resultados correlacionados pela temática

O panorama tecnológico apresentado na Figura 23 ilustra de forma pictográfica a divisão das patentes encontradas pela sentença de busca por linhas de estudos tecnológicos.

Figura 23: Panorama tecnológico



Fonte: O autor, 2021.

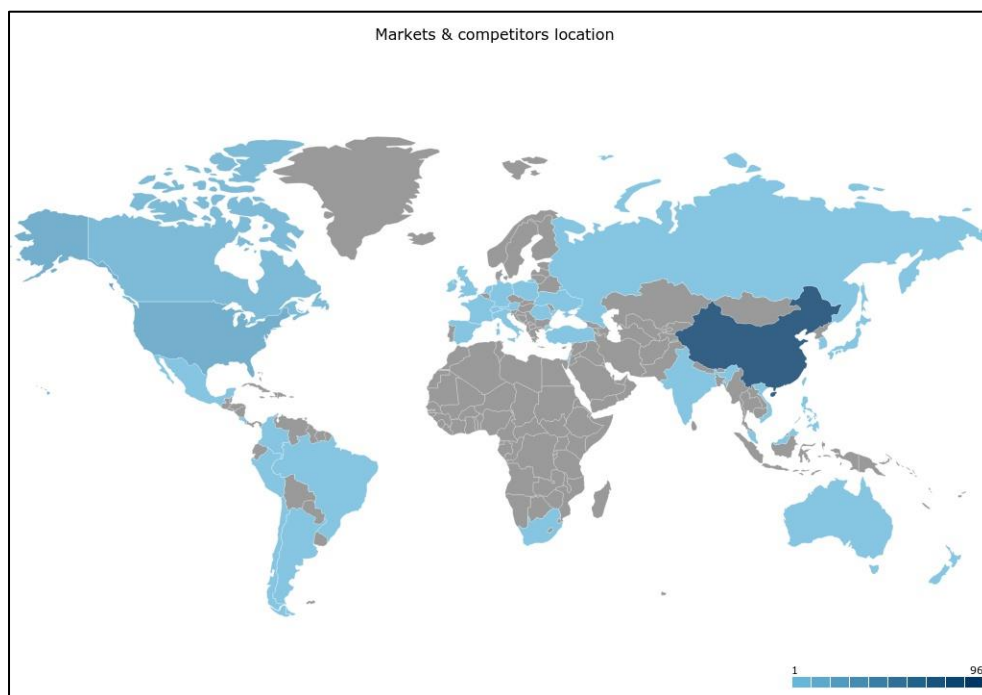
A proximidade dos termos neste panorama permite a percepção de associação entre as linhas de pesquisa ou seu distanciamento. Os padrões de cores vão do cinza, onde esta vertente é pouco abordada, passa pelos tons de amarelo claro rumo aos tons de amarelo mais vivos, indicando um aumento da relevância de associação, até os tons de laranja e vermelho que indicam as tecnologias com maior aderência ao tema como biotecnologia e tecnologia ambiental respectivamente.

As patentes podem inclusive ser elencadas por tecnologias e aplicações como na Figura 24, onde se ilustra a distribuição dos principais conceitos contidos no portfólio analisado.

2.6.3.1 Resultados correlacionados pela autoria

A Figura 25 ilustra o número de patentes concedidas, ativas e protegidas nos vários escritórios nacionais de patentes.

Figura 25: Principais mercados competidores



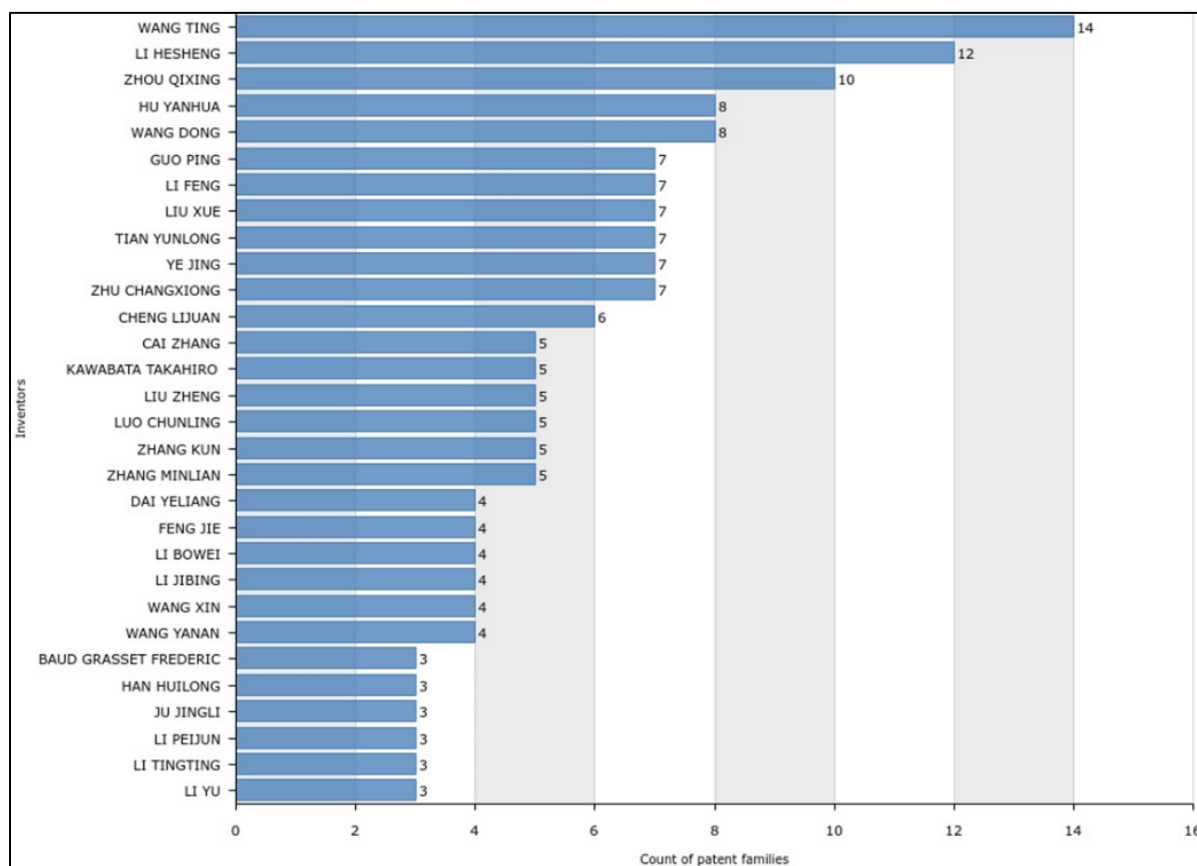
Fonte: O autor, 2021.

Estudando o portfólio de uma entidade este gráfico demonstra a estratégia de proteção do requerente e, portanto, ajuda a identificar os mercados-alvo. Ao focarmos as patentes de um tópico percebem-se informações sobre as estratégias de patentes dos atores do setor estudado, uma vez que os registros nacionais são um bom indicador dos mercados que precisam ser protegidos.

Alguns detentores de patentes demonstram interesse em protegerem as áreas geográficas onde os locais de fabricação de seus concorrentes estão localizados.

Na Figura 26 são elencados os inventores com o maior número de patentes no portfólio analisado e destacados os inventores especializados.

Figura 26: Principais inventores

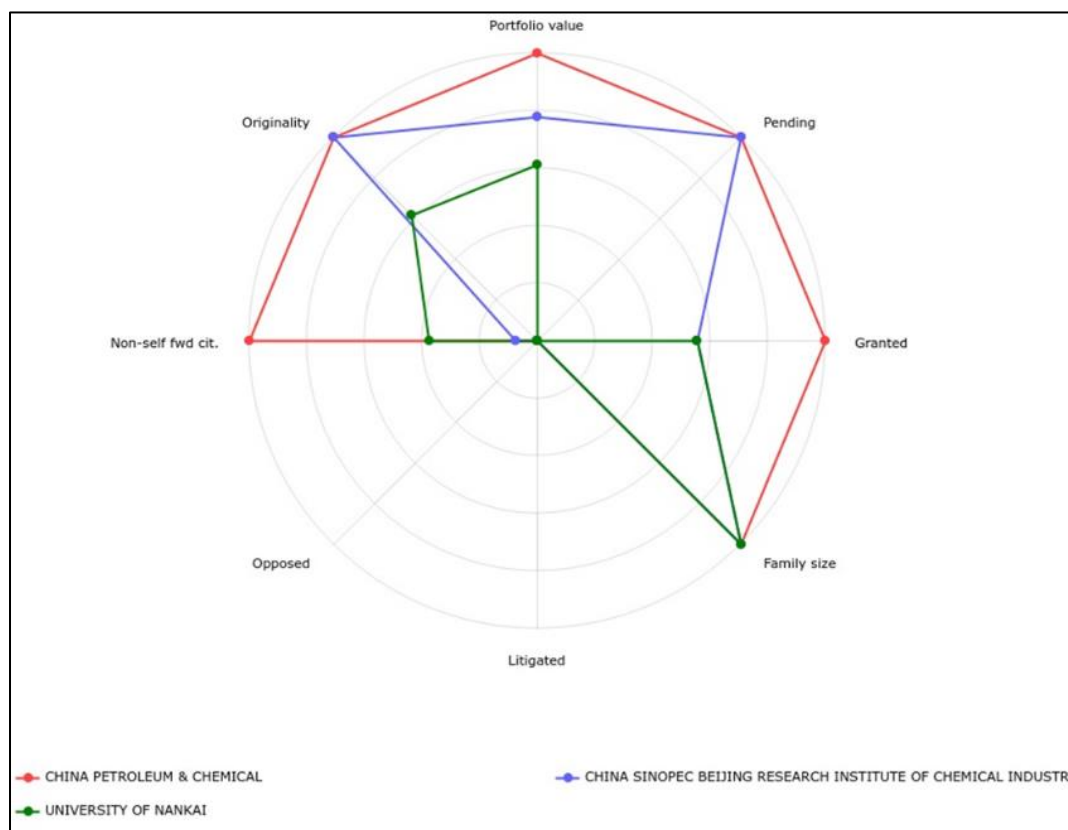


Fonte: O autor, 2021.

2.6.3.2 Resultados correlacionados pelas entidades

A relação entre as entidades de maior relevância que por sua vez são detentoras de patentes pode ser vista da Figura 27.

Figura 27: Mais relevantes detentores de patentes.



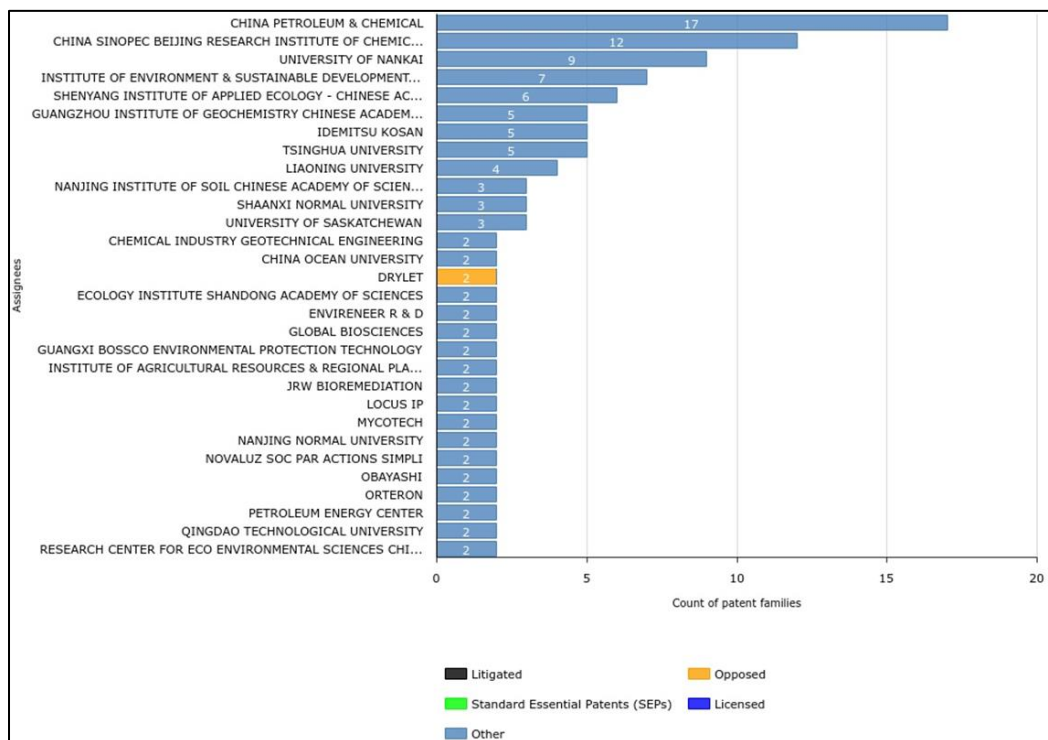
Fonte: O autor, 2021.

Fatores como: valor do portfólio; pedidos de patentes pendentes de análise; direitos de patentes concedidos; tamanho das famílias de patentes; litígios; oposições; citação de conteúdo por outras patentes; e originalidade são todos fatores mercadológicos que podem participar de avaliações comerciais, servir como estratégia empresarial e impulsionar competitividade internacional.

Pode-se perceber também a entrada da universidade como uma entidade com interesse em proteger suas tecnologias e um parque tecnológico. Entre as três entidades mais relevantes todas são chinesas, uma empresa, um parque tecnológico e uma universidade, respectivamente: *China Petroleum & Chemical*; *China Sinopec Beijing Research Institute of Chemical Industry* e *University of Nankai*.

A Figura 28 ilustra os maiores detentores de patentes e o status de suas principais invenções.

Figura 28: Principais detentores das tecnologias

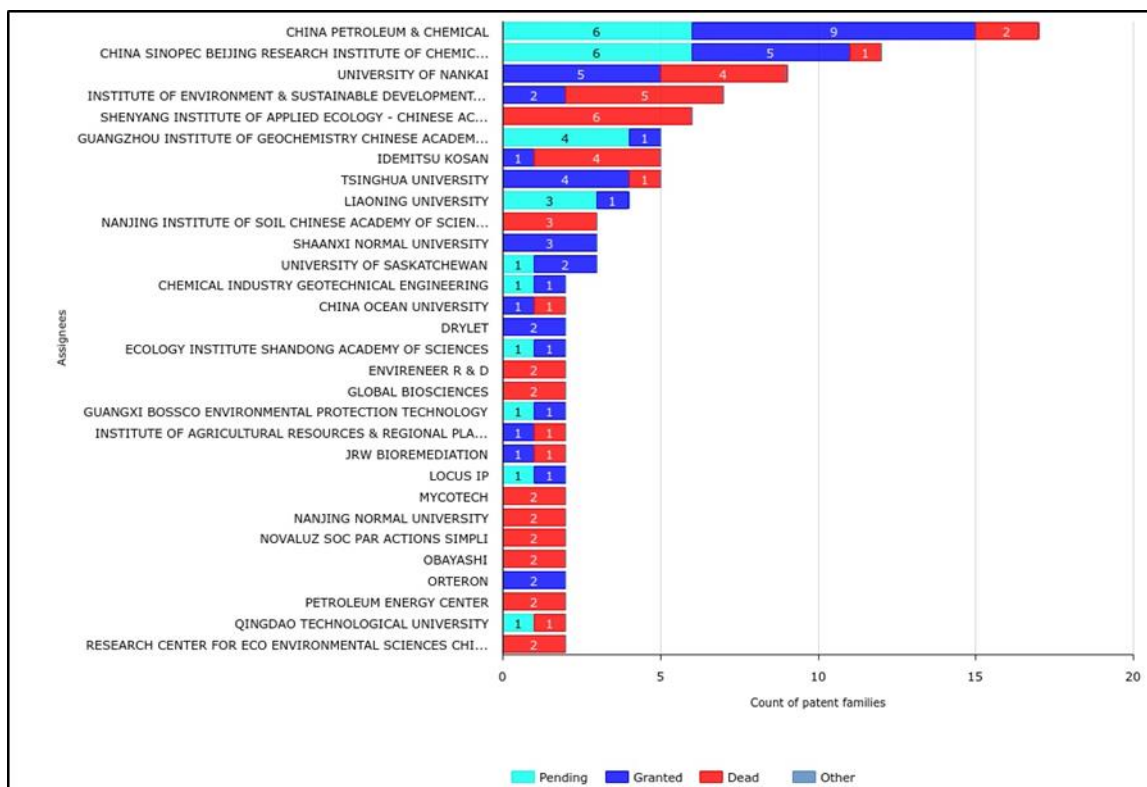


Fonte: O autor, 2021.

As principais invenções são patentes que foram litigadas, opostas, citadas em um padrão ou licenciadas. Patentes que sobreviveram ao litígio ou oposição são consideradas fortes patentes. A presença de um evento de licenciamento também é um indicador positivo, já que outros detentores de patentes estavam interessados nesta patente.

Na Figura 29 são apresentados os principais candidatos no grupo de patentes analisados de acordo com seu status legal.

Figura 29: Status das patentes em posse dos detentores mais relevantes.



Fonte: O autor, 2021.

Esta informação permite identificar os candidatos que já retiraram do setor (abandono, lapso ou expiração de suas patentes) e aqueles que ainda estão ativos (depósitos e patentes concedidas ainda em vigor).

Na Figura 30 alguns indicadores mercadológicos são apresentados.

Figura 30: Indicadores mercadológicos.

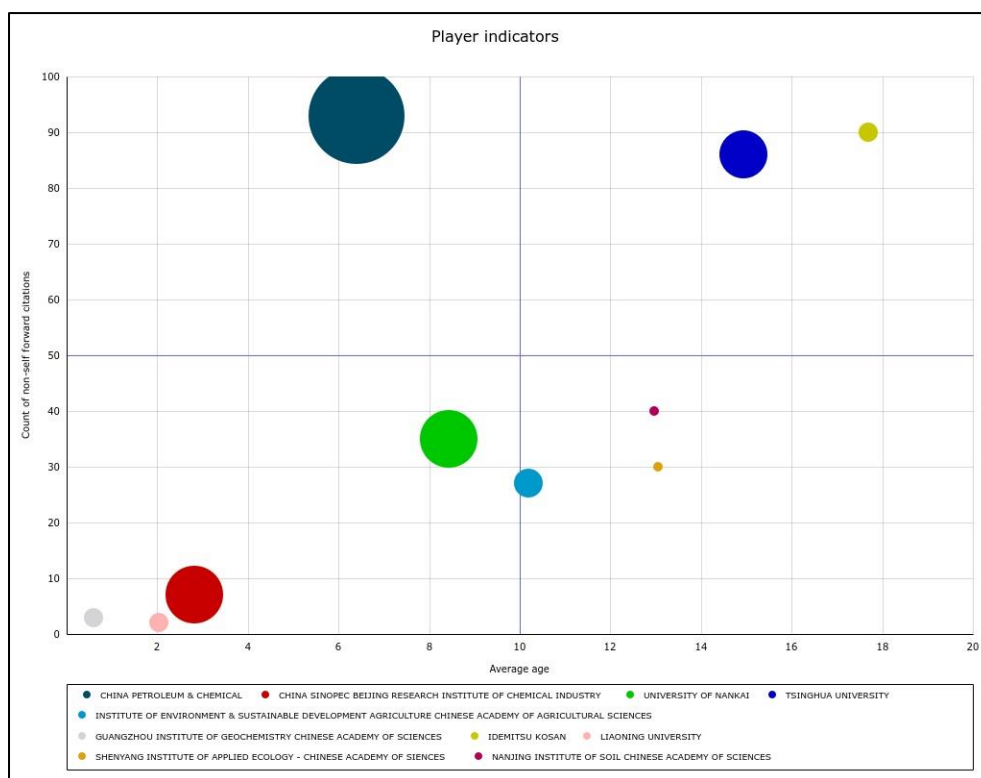
Assignees	Market indicators						
	Alive	Family size	Generality	Age	Cited in a standard	Licensed	
CHINA PETROLEUM & CHEMICAL	15	1	0.74	6.4	0	0	
CHINA SINOPEC BEIJING RESEARCH INSTITUTE OF CHEMICAL INDU	11	1	0	2.8	0	0	
UNIVERSITY OF NANKAI	5	1	0.55	8.4	0	0	
INSTITUTE OF ENVIRONMENT & SUSTAINABLE DEVELOPMENT AGRIC	2	1	0.77	10.2	0	0	
SHENYANG INSTITUTE OF APPLIED ECOLOGY - CHINESE ACADEMY	0	0	0.71	13.1	0	0	
GUANGZHOU INSTITUTE OF GEOCHEMISTRY CHINESE ACADEMY OF	5	1	0.78	0.6	0	0	
IDEMITSU KOSAN	1	1	0.89	17.7	0	0	
TSINGHUA UNIVERSITY	4	1	0.74	14.9	0	0	
LIAONING UNIVERSITY	4	1	0	2	0	0	
NANJING INSTITUTE OF SOIL CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	0	0	0.66	13	0	0	

Fonte: O autor, 2021.

Indicadores como patentes concedidas e ainda em vigor, número de famílias de pesquisas exploradas por um mesmo depositante, idade da tecnologia e vezes que estas patentes foram citadas pode demonstrar a maturidade da área de estudo analisada. As pesquisas mais antigas datam de um pouco mais de 2005 enquanto os detentores de maior volume de pesquisas as realizaram na última década.

A Figura 31 é uma plotagem de bolhas que permite analisar e avaliar o posicionamento dos detentores de patentes em uma seleção específica

Figura 31: Indicadores de principais detentores de patentes.



Fonte: O autor, 2021.

Visualiza-se o número de citações adiantadas (eixo vertical) em relação à idade média do portfólio (eixo horizontal). O tamanho das bolhas corresponde ao número de famílias que têm pelo menos um membro da família emitidos. Quanto maior a bolha, maior o potencial de concorrência dentro do setor.

Percebe-se uma preponderância no volume de pedidos de patentes na década mais recente e o surgimento de três grandes potências para a área de estudo de interesse.

As patentes são divididas nas três seguintes áreas amplas: seções químicas de A até M; seções de engenharia de P até Q e seções de elétrica e eletrônica de S até X. Cada área possui subdivisões representadas por sequências numéricas com 2 dígitos como visualizado na Figura 32.

Figura 32: Patentes por Foco Tecnológico.

<p>115 Patentes P43 - Classificação, limpeza, eliminação de resíduos</p>	<p>59 Patentes H03 - Transporte e armazenamento - apenas sistemas de larga escala são incluídos. Caminhões cisterna e aplicações do tipo posto e gasolina de varejo são excluídos. Tratamento de poluição por navios petroleiros está incluído.</p>	<p>18 Patentes A97 - Produtos diversos não especificados - incluindo fabricação de papel, discos de gramofone, detergentes, alimentos e aplicações de peças de petróleo.</p>	<p>14 Patentes A88 - Engenharia mecânica e ferramentas, por exemplo, válvulas, engrenagens e correias transportadoras</p>
<p>81 Patentes D16 - Indústria de fermentação - incluindo equipamentos de fermentação, produção de cerveja, produção de levedura, produção de farmacêuticos e outros produtos químicos de fermentação, microbiologia, produção de vacinas e antibióticos, cultura de células e tecidos e engenharia genética.</p>	<p>44 Patentes D15 - Tratamento de água, resíduos industriais e esgoto - incluindo purificação, esterilização ou teste de água, prevenção de escala, tratamento de lodo de esgoto, regeneração de carbono ativo usado para tratamento de água ou impregnação de água com gás, por exemplo CO₂, mas excluindo dispositivos marinhos anti-poliuição e purificação de água reciclada dentro de um processo industrial (CO₂).</p>	<p>14 Patentes C06 - Biotecnologia incluindo genética de plantas e vacinas veterinárias.</p>	<p>12 Patentes J01 *</p>
		<p>12 Patentes P35 - Salvas-vidas, combate a incêndios</p>	<p>10 Patentes B04 **</p>

Fonte: O autor, 2021.

J01 * - Separação - incluindo evaporação, cristalização, extração de solvente, cromatografia, diálise, osmose incluindo a secagem de vapores e/ou gases e separação de sólidos de gases, líquidos e outros sólidos. Separação de isótopos, materiais de filtragem (incluindo peneiras moleculares para separação), e centrífugas (exceto quando usado para análises)

B04 ** - Produtos naturais e polímeros. Incluindo o teste de fluidos corporais (exceto determinação de grupo sanguíneo ou contagem de células), compostos veterinários ou farmacêuticos de estrutura desconhecida, teste de microrganismos para a patogenicidade, teste de produtos químicos para mutagenicidade ou toxicidade humana e produção fermentativa do DNA ou RNA. Composições gerais.

As patentes podem também ser analisadas por área do conhecimento onde percebemos uma forte aderência das engenharias, instrumentação, química e biotecnologia a pesquisa proposta e a estratégia de busca aplicada, corroborando com os atributos necessários a uma patente, quais sejam: novidade; atividade inventiva; reprodutibilidade em escala industrial e suficiência descritiva como na Figura 33.

Figura 33: Patentes por área do conhecimento.



Fonte: O autor, 2021.

Uma surpresa na pesquisa foi a aderência de áreas do conhecimento como engenharia e instrumentação como as mais relevantes para as patentes analisadas. Química e biologia aplicada à microbiologia eram esperadas e aparecem como fortemente representativas.

2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto aos objetivos, o presente trabalho obteve êxito ao realizar uma prospecção tecnológica sobre o recorte temático apresentado. Ao apresentar a temática patentária, foi possível evidenciar sua relevância para pesquisadores e estudantes, sobretudo de áreas tecnológicas.

Nos agrupamentos por foco tecnológico, biotecnologia e tecnologia ambiental foram os mais evidentes, sendo as tecnologias para degradação de hidrocarbonetos as mais recorrentes.

Quanto aos atores que mais desenvolvem tecnologias para o tipo de tratamento em questão, há um equilíbrio entre as pesquisas desenvolvidas por Instituições de Ciência e Tecnologia e por empresas privadas. Isso pode caracterizar que tal área, apesar de promissora, ainda não está madura.

Por fim, foram encontrados menos de vinte inventores e menos de dez titulares que apresentaram pelo menos cinco dos pedidos de patente identificados neste trabalho. Isso demonstra uma concentração estratégica de esforços sendo realizada por poucos atores, concentrados na China.

2.8 REFERÊNCIAS

ADDY, H. D.; PIERCEY, M. M.; CURRAH, R. S. Microfungal endophytes in roots. **Canadian Journal of Botany**, v. 83, p. 1–13, 2005.

AL-THANI, R. F.; YASSEEN, B. T. Phytoremediation of polluted soils and waters by native Qatari plants: Future perspectives. **Environmental Pollution**, v. 259, p. 113694, abr. 2020.

ARAGON-CORREA, J. A.; LEYVA-DE LA HIZ, D. I. The Influence of Technology Differences on Corporate Environmental Patents: A Resource-Based Versus an Institutional View of Green Innovations: The Firm's Patented Environmental Innovations. **Business Strategy and the Environment**, v. 25, n. 6, p. 421–434, set. 2016.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of Informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, nov. 2017.

AZUBUIKE, C. C.; CHIKERE, C. B.; OKPOKWASILI, G. C. Bioremediation techniques—classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 32, n. 11, p. 180, nov. 2016.

BAYER, P.; DOLAN, L.; URPELAINEN, J. Global patterns of renewable energy innovation, 1990–2009. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, n. 3, p. 288–295, jun. 2013.

BEKUZAROVA, S. A. et al. Soil degradation and remediation. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 913, p. 052054, 12 set. 2020.

BRASIL. LEI Nº 9.279, DE 14 DE MAIO DE 1996. **Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial.** 1996.

BRASIL. LEI Nº 9.478 DE 06 DE AGOSTO DE 1997, **Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o conselho nacional de política energética e a agência nacional do petróleo e dá outras providências.** Diário Oficial da União de 07/08/1997, pág. nº 16925, , 1997a.

BRASIL. **Protocolo de Quioto: a convenção sobre mudança do clima : O Brasil e a convenção – quadro das nações unidas.** Ministério da Ciência e Tecnologia., , 1997b.

BRETAS, W. V. et al. Roadmap tecnológico de patentes verdes como subsídio estratégico ao empreendedorismo sustentável. **ENGEMA**, v. XIX, 2018.

BRETAS, W. V. et al. Knowledge extraction on international markets from patent bases: a study on green patents. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 16, n. 4, p. 698–705, 8 dez. 2019.

COMMITTEE ON OIL IN THE SEA: INPUTS, FATES, AND EFFECTS et al. **Oil in the Sea III: Inputs, Fates, and Effects.** Washington, D.C.: National Academies Press, 2003. p. 10388

CORSATEA, T. D. Technological capabilities for innovation activities across Europe: Evidence from wind, solar and bioenergy technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 37, p. 469–479, set. 2014.

DICKSON, U. J. et al. Investigating the potential of sunflower species, fermented palm wine and *Pleurotus ostreatus* for treatment of petroleum-contaminated soil. **Chemosphere**, v. 240, p. 124881, fev. 2020.

ELSEVIER. **Content Coverage Guide**: Research Intelligence. Alemanha: Elsevier, 2020. Disponível em: <https://www.elsevier.com.ez135.periodicos.capes.gov.br/__data/assets/pdf_file/0007/69451/Scopus_ContentCoverage_Guide_WEB.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2022.

EPO. **Environmental Report 2020**. Alemanha: European Patent Office, 2020.

FATIMA, K. et al. Bacterial Rhizosphere and Endosphere Populations Associated with Grasses and Trees to be Used for Phytoremediation of Crude Oil Contaminated Soil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 94, n. 3, p. 314–320, mar. 2015.

FATIMA, K. et al. Plant species affect colonization patterns and metabolic activity of associated endophytes during phytoremediation of crude oil-contaminated soil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 23, n. 7, p. 6188–6196, abr. 2016.

FATIMA, K. et al. Successful phytoremediation of crude-oil contaminated soil at an oil exploration and production company by plants-bacterial synergism. **International Journal of Phytoremediation**, v. 20, n. 7, p. 675–681, 7 jun. 2018.

FORSMAN, H. Environmental Innovations as a Source of Competitive Advantage or Vice Versa?: Green Innovations as a Source of Competitive Advantage or Vice Versa? **Business Strategy and the Environment**, v. 22, n. 5, p. 306–320, jul. 2013.

FRIETSCH, R.; SCHMOCH, U. Transnational patents and international markets. **Scientometrics**, v. 82, n. 1, p. 185–200, jan. 2010.

GERHARDT, K. E. et al. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: Potential and challenges. **Plant Science**, v. 176, n. 1, p. 20–30, jan. 2009.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONZALEZ MATEU, M. et al. Dark septate endophyte improves salt tolerance of native and invasive lineages of *Phragmites australis*. **The ISME Journal**, v. 14, n. 8, p. 1943–1954, ago. 2020.

GOODEN, B.; THOMPSON, E. R.; FRENCH, K. Do native plant associations with arbuscular mycorrhizal fungi and dark septate endophytes differ between reconstructed and remnant coastal dunes? **Plant Ecology**, v. 221, n. 9, p. 757–771, set. 2020.

HALL, B. H.; HELMERS, C. Innovation and diffusion of clean/green technology: Can patent commons help? **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 66, n. 1, p. 33–51, jul. 2013.

HAMILTON, C. E. et al. Endophytic mediation of reactive oxygen species and antioxidant activity in plants: a review. **Fungal Diversity**, v. 54, n. 1, p. 1–10, maio 2012.

HUME, M. et al. Creating the Global Greenscape: Developing a Global Market-Entry Framework for the Green and Renewable Technologies. Em: ALEJANDRA GONZALEZ-PEREZ,

M.; LEONARD, L. (Eds.). **Advances in Sustainability and Environmental Justice**. [s.l.] Emerald Group Publishing Limited, 2013. v. 11p. 151–185.

INPI. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Resolução Inpi 283/2012. Disciplina o exame prioritário de pedidos de Patentes Verdes, no âmbito do Inpi, os procedimentos relativos ao **Programa Piloto** relacionado ao tema e dá outras providências, 2012.

INPI. Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Resolução Inpi 175/2016. Disciplina o exame prioritário de pedidos de “**Patente Verde**”, 2016.

IPC GREEN INVENTORY. **Word Intellectual Property Organization**. Disponível em: <http://www.wipo.int/classification/ipc/en/est/> Acessado em: 04/10/2017.

JEONG, D. H.; KWON, Y. I. Analysis on Convergence in Green Technology Field Using Patent Information. **Applied Mechanics and Materials**, v. 548–549, p. 1981–1993, abr. 2014.

JUMPPONEN, A.; TRAPPE, J. M. Dark septate endophytes: a review of facultative biotrophic root-colonizing fungi. **New Phytologist**, v. 140, n. 2, p. 295–310, out. 1998.

KUIPER, I. et al. Rhizoremediation: A Beneficial Plant-Microbe Interaction. **Molecular Plant-Microbe Interactions**®, v. 17, n. 1, p. 6–15, jan. 2004.

LACALLE, R. G. et al. Effectiveness and ecotoxicity of zero-valent iron nanoparticles during rhizoremediation of soil contaminated with Zn, Cu, Cd and diesel. **Data in Brief**, v. 17, p. 47–56, abr. 2018.

LEYDESDORFF, L. Patent classifications as indicators of intellectual organization. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 59, n. 10, p. 1582–1597, ago. 2008.

LU, B. Expedited patent examination for green inventions: Developing countries’ policy choices. **Energy Policy**, v. 61, p. 1529–1538, out. 2013.

MA, Y. et al. Plant growth promoting rhizobacteria and endophytes accelerate phytoremediation of metalliferous soils. **Biotechnology Advances**, v. 29, n. 2, p. 248–258, mar. 2011.

MARTÍNEZ-RAMOS, M. et al. Natural forest regeneration and ecological restoration in human-modified tropical landscapes. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 745–757, nov. 2016.

MCDONALD, T.; JONSON, J.; DIXON, K. W. National standards for the practice of ecological restoration in Australia. **Restoration Ecology**, v. 24, n. S1, jun. 2016.

MIRALLES-QUIRÓS, M.; MIRALLES-QUIRÓS, J.; LUIS VALENTE GONÇALVES. The Value Relevance of Environmental, Social, and Governance Performance: The Brazilian Case. **Sustainability**, v. 10, n. 3, p. 574, 25 fev. 2018.

MIROSHNYCHENKO, I.; BARONTINI, R.; TESTA, F. Green practices and financial performance: A global outlook. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, p. 340–351, mar. 2017.

NANDY, S. et al. Fungal endophytes: Futuristic tool in recent research area of phytoremediation. **South African Journal of Botany**, v. 134, p. 285–295, nov. 2020.

NOAILLY, J.; RYFISCH, D. Multinational firms and the internationalization of green R&D: A review of the evidence and policy implications. **Energy Policy**, v. 83, p. 218–228, ago. 2015.

PEREIRA NETTO, A. D. et al. Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e seus derivados nitrados (NHPAs): uma revisão metodológica. **Química Nova**, v. 23, n. 6, p. 765–773, dez. 2000.

PHILLIPS, L. A. et al. Field-scale assessment of weathered hydrocarbon degradation by mixed and single plant treatments. **Applied Soil Ecology**, v. 42, n. 1, p. 9–17, maio 2009.

QUINTELLA, C. M.; MATA, A. M. T.; LIMA, L. C. P. Overview of bioremediation with technology assessment and emphasis on fungal bioremediation of oil contaminated soils. **Journal of Environmental Management**, v. 241, p. 156–166, jul. 2019.

REIS, C. Patricia et al. Programa das Patentes Verdes no Brasil: Aliança Verde entre o Desenvolvimento Tecnológico, Crescimento Econômico e a Degradação Ambiental. 2013.

SANTOS, S. G. DOS et al. Dark septate endophyte decreases stress on rice plants. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 48, n. 2, p. 333–341, abr. 2017.

SANTOS, J. J.; MARANHO, L. T. Rhizospheric microorganisms as a solution for the recovery of soils contaminated by petroleum: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 210, p. 104–113, mar. 2018.

SILVA, E. L. DA; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

STERN, N. Stern review: the economics of climate change. 30 out. 2006.

STROBEL, G.; DAISY, B. Bioprospecting for Microbial Endophytes and Their Natural Products. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 67, n. 4, p. 491–502, dez. 2003.

TARDIF, S. et al. The Willow Microbiome Is Influenced by Soil Petroleum-Hydrocarbon Concentration with Plant Compartment-Specific Effects. **Frontiers in Microbiology**, v. 7, 8 set. 2016.

TAYLOR, M. R. Innovation under cap-and-trade programs. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 13, p. 4804–4809, 27 mar. 2012.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

WALZ, R.; WEIDEMANN, F. M. Technology-specific absorptive capacities for green technologies in Newly Industrialising Countries. **International Journal of Technology and Globalisation**, v. 5, n. 3/4, p. 212, 2011.

WANG, M. et al. Soil Microbiome Structure and Function in Ecopiles Used to Remediate Petroleum-Contaminated Soil. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, p. 624070, 15 mar. 2021.

WANGLER, L. U. Renewables and innovation: did policy induced structural change in the energy sector effect innovation in green technologies? **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 56, n. 2, p. 211–237, mar. 2013.

YOUSAF, S. et al. Hydrocarbon degradation, plant colonization and gene expression of alkane degradation genes by endophytic *Enterobacter ludwigii* strains. **Environmental Pollution**, Nitrogen Deposition, Critical Loads and Biodiversity. v. 159, n. 10, p. 2675–2683, 1 out. 2011.

YOUSAF, S. et al. Ecology and Functional Potential of Endophytes in Bioremediation: A Molecular Perspective. Em: VERMA, V. C.; GANGE, A. C. (Eds.). **Advances in Endophytic Research**. New Delhi: Springer India, 2014. p. 301–320.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA DISSERTAÇÃO

A escassez de estudos da temática no Brasil e a concentração das tecnologias de biorremediação com fungos nas mãos de poucos atores internacionais evidencia uma promissora área para pesquisas futuras, no âmbito do Mestrado PPEA.

O fato dos pedidos de patente das tecnologias verdes encontradas estar dividido entre a academia e o setor produtivo potencializam o entendimento de que se trata de uma área ainda não madura.

A contribuição do presente trabalho para o Programa do Mestrado PPEA extrapola o foco tecnológico, pois insere a questão patentária como relevante fonte de informações úteis e aplicáveis no início de um desenvolvimento tecnológico.

Como sugestões para trabalhos futuros está a realização de um estudo cientométrico com base nos achados.

ANEXOS

- 1 Lista Expandida programa Patentes Verdes (INPI, 2016).**

Listagem das tecnologias verdes baseada no inventário da OMPI

1. Energias alternativas

- Biocombustíveis
 - Combustíveis sólidos
 - Combustíveis líquidos (óleos vegetais, biodiesel, bioetanol)
 - Biogás
 - Biocombustíveis de organismos geneticamente modificados
- Ciclo combinado de gaseificação integrada (IGCC)
- Células-combustível
- Pirólise ou gaseificação de biomassa
- Aproveitamento de energia a partir de resíduos humanos
 - A partir de resíduos agrícolas
 - Gaseificação
 - Resíduos químicos
 - Resíduos industriais
 - Utilizando os gases de saída de alto-fornos
 - Licores de polpa
 - Digestão anaeróbica de resíduos industriais
 - Resíduos industriais de madeira
 - Resíduos hospitalares
 - Gás de aterros
 - Separação dos componentes
 - Resíduos domiciliares e urbanos
- Energia hidráulica
 - Usinas hidrelétricas (PCH e MCH)
 - Energia das ondas ou marés
 - Meios de regulação, controle ou segurança de máquinas ou motores acionados por líquidos
 - Propulsão pela utilização de energia derivada do movimento da água circundante
- Conversão da energia térmica dos oceanos (OTEC)
- Energia eólica
- Energia Solar
 - Energia solar fotovoltaica (PV)
 - Energia solar térmica
 - Sistemas solares híbridos (térmico-fotovoltaicos)
 - Propulsão de veículos usando energia solar
 - Produção de energia mecânica a partir da energia solar
 - Aspectos de cobertura de telhados com dispositivos de coleta de energia solar
 - Geração de vapor usando energia solar
 - Sistemas de refrigeração ou bombas de calor usando energia solar
 - Secagem de materiais ou objetos utilizando energia solar
 - Dispositivos para a concentração da irradiação solar
 - Coletores de calor solar com o fluido de trabalho conduzido através do coletor
- Energia geotérmica
- Outros tipos de produção ou utilização de calor não derivado de combustão
- Utilização de calor residual
- Dispositivos para a produção de energia mecânica a partir de energia muscular

2. Transportes

- Veículos híbridos
- Veículos elétricos
- Estações de carregamento para veículos elétricos
- Veículos alimentados por energia extraída das forças da natureza (sol, vento, ondas, etc.)
- Veículos alimentados por fonte de potência externa (energia elétrica, etc.)

- Veículos alimentados por células combustíveis
- Veículos alimentados por hidrogênio
- Veículos com propulsão muscular
- Veículos com freios regenerativos
- Veículos cuja carroceria possui baixo arrasto aerodinâmico
- Veículos com embreagem eletromagnética (menor perda na transmissão)

3. Conservação de energia

- Armazenagem de energia elétrica
- Circuitos de alimentação de energia elétrica
- Medição do consumo de eletricidade
- Armazenamento de energia térmica
- Iluminação de baixo consumo energético
- Isolamento térmico de edificações
- Recuperação de energia mecânica (ex: balanço, rolamento, arfagem)

4. Gerenciamento de resíduos

- Eliminação de resíduos
- Tratamento de resíduos
 - Destruição de resíduos por combustão
 - Reutilização de materiais usados
 - Utilização de restos ou refugos de borracha na fabricação de calçados
 - Manufatura de artigos de sucata ou de refugo de partículas metálicas
 - Produção de cimento hidráulico a partir de resíduos
 - Utilização de resíduos como material de enchimento para argamassas ou concreto
 - Utilização de resíduos para a produção de fertilizantes
 - Recuperação ou aproveitamento de resíduos
- Controle de poluição
 - Sequestro e armazenamento de carbono
 - Gestão da qualidade do ar
 - Tratamento de gases residuais
 - Separação de partículas dispersas em gases ou vapores
 - Aplicação de aditivos em combustíveis ou nas chamas para redução de fumaça e facilitar a remoção de fuligem
 - Disposição dos dispositivos para tratamento de fumaça ou de emanações aparelhos combustores
 - Materiais para captação ou absorção de poeira
 - Alarmes de poluição
 - Controle da poluição da água
 - Tratamento de águas residuais ou esgoto
 - Materiais para tratamento de líquidos poluentes
 - Remoção de poluentes de águas a céu aberto
 - Instalações de encanamentos para águas residuais
 - Gerenciamento de esgotos
 - Meios para prevenir contaminação radioativa em caso de vazamento no reator

5. Agricultura sustentável

- Técnicas de reflorestamento
- Técnicas alternativas de irrigação
- Pesticidas alternativos
- Melhoria do solo (ex: fertilizantes orgânicos derivados de resíduos)

2 *IPC Green Inventory (WIPO, 2010).*

IPC GREEN INVENTORY

The "IPC Green Inventory", developed by the [IPC Committee of Experts](#), facilitates searches for patent information relating to Environmentally Sound Technologies (ESTs), as listed by the [United Nations Framework Convention on Climate Change \(UNFCCC\)](#). ESTs are currently scattered widely across the IPC in numerous technical fields. The Inventory attempts to collect them in one place.

For more information about how to use the IPC Green Inventory please click [here](#).

The Inventory does not purport to be fully exhaustive in its coverage

TOPIC	IPC	PATENTSCOPE
▼ ALTERNATIVE ENERGY PRODUCTION		
▼ BIO-FUELS		
▼ SOLID FUELS	C10L 5/00, 5/40-5/48	C10L 5/00, 5/40-5/48
TORREFACTION OF BIOMASS	C10B 53/02 C10L 5/40, 9/00	C10B 53/02 C10L 5/40, 9/00
▼ LIQUID FUELS	C10L 1/00, 1/02, 1/14	C10L 1/00, 1/02, 1/14
VEGETABLE OILS	C10L 1/02, 1/19	C10L 1/02, 1/19
BIODIESEL	C07C 67/00, 69/00 C10G C10L 1/02, 1/19 C11C 3/10 C12P 7/649	C07C 67/00, 69/00 C10G C10L 1/02, 1/19 C11C 3/10 C12P 7/649
BIOETHANOL	C10L 1/02, 1/182 C12N 9/24 C12P 7/06-7/14	C10L 1/02, 1/182 C12N 9/24 C12P 7/06-7/14
BIOGAS	C02F 3/28, 11/04 C10L 3/00 C12M 1/107 C12P 5/02	C02F 3/28, 11/04 C10L 3/00 C12M 1/107 C12P 5/02
FROM GENETICALLY ENGINEERED ORGANISMS	C12N 1/13, 1/15, 1/21, 5/10, 15/00 A01H	C12N 1/13, 1/15, 1/21, 5/10, 15/00 A01H
INTEGRATED GASIFICATION COMBINED CYCLE (IGCC)	C10L 3/00 F02C 3/28	C10L 3/00 F02C 3/28
▼ FUEL CELLS	H01M 4/86-4/98, 8/00-8/24, 12/00-12/08	H01M 4/86-4/98, 8/00-8/24, 12/00-12/08
▼ ELECTRODES	H01M 4/86-4/98	H01M 4/86-4/98
INERT ELECTRODES WITH CATALYTIC ACTIVITY	H01M 4/86-4/98	H01M 4/86-4/98
NON-ACTIVE PARTS	H01M 8/00-8/24, 50/00-50/171	H01M 8/00-8/24, 50/00-50/171

TOPIC	IPC	PATENTSCOPE
WITHIN HYBRID CELLS	H01M 12/00-12/08	H01M 12/00-12/08
PYROLYSIS OR GASIFICATION OF BIOMASS	C10B 53/00 C10J	C10B 53/00 C10J
▼ HARNESSING ENERGY FROM MANMADE WASTE		
▼ AGRICULTURAL WASTE	C10L 5/00	C10L 5/00
FUEL FROM ANIMAL WASTE AND CROP RESIDUES	C10L 5/42, 5/44	C10L 5/42, 5/44
INCINERATORS FOR FIELD, GARDEN OR WOOD WASTE	F23G 7/00, 7/10	F23G 7/00, 7/10
GASIFICATION	C10J 3/02, 3/46 F23B 90/00 F23G 5/027	C10J 3/02, 3/46 F23B 90/00 F23G 5/027
CHEMICAL WASTE	B09B 3/00 F23G 7/00	B09B 3/00 F23G 7/00
▼ INDUSTRIAL WASTE	C10L 5/48 F23G 5/00, 7/00	C10L 5/48 F23G 5/00, 7/00
USING TOP GAS IN BLAST FURNACES TO POWER PIG-IRON PRODUCTION	C21B 5/06	C21B 5/06
PULP LIQUORS	D21C 11/00	D21C 11/00
ANAEROBIC DIGESTION OF INDUSTRIAL WASTE	A62D 3/02 C02F 11/04, 11/14	A62D 3/02 C02F 11/04, 11/14
INDUSTRIAL WOOD WASTE	F23G 7/00, 7/10	F23G 7/00, 7/10
HOSPITAL WASTE	B09B 3/00 F23G 5/00	B09B 3/00 F23G 5/00
▼ LANDFILL GAS	B09B	B09B
SEPARATION OF COMPONENTS	B01D 53/02, 53/04, 53/047, 53/14, 53/22, 53/24	B01D 53/02, 53/04, 53/047, 53/14, 53/22, 53/24
MUNICIPAL WASTE	C10L 5/46 F23G 5/00	C10L 5/46 F23G 5/00
▼ HYDRO ENERGY		
▼ WATER-POWER PLANTS	E02B 9/00-9/06	E02B 9/00-9/06
TIDE OR WAVE POWER PLANTS	E02B 9/08	E02B 9/08
▼ MACHINES OR ENGINES FOR LIQUIDS	F03B F03C	F03B F03C
USING WAVE OR TIDE ENERGY	F03B 13/12-13/26	F03B 13/12-13/26
REGULATING, CONTROLLING OR SAFETY MEANS OF MACHINES OR ENGINES	F03B 15/00-15/22	F03B 15/00-15/22

TOPIC	IPC	PATENTSCOPE
PROPULSION OF MARINE VESSELS USING ENERGY DERIVED FROM WATER MOVEMENT	B63H 19/02, 19/04	B63H 19/02, 19/04
OCEAN THERMAL ENERGY CONVERSION (OTEC)	F03G 7/05	F03G 7/05
▼ WIND ENERGY	F03D	F03D
STRUCTURAL ASSOCIATION OF ELECTRIC GENERATOR WITH MECHANICAL DRIVING MOTOR	H02K 7/18	H02K 7/18
STRUCTURAL ASPECTS OF WIND TURBINES	B63B 35/00 E04H 12/00 F03D 13/00	B63B 35/00 E04H 12/00 F03D 13/00
▼ PROPULSION OF VEHICLES USING WIND POWER	B60K 16/00	B60K 16/00
ELECTRIC PROPULSION OF VEHICLES USING WIND POWER	B60L 8/00	B60L 8/00
PROPULSION OF MARINE VESSELS BY WIND-POWERED MOTORS	B63H 13/00	B63H 13/00
▼ SOLAR ENERGY	F24S H02S	F24S H02S
▼ PHOTOVOLTAICS (PV)		
▼ DEVICES ADAPTED FOR THE CONVERSION OF RADIATION ENERGY INTO ELECTRICAL ENERGY	H01L 27/142, 31/00-31/078 H01G 9/20 H02S 10/00	H01L 27/142, 31/00-31/078 H01G 9/20 H02S 10/00
USING ORGANIC MATERIALS AS THE ACTIVE PART	H01L 27/30, 51/42-51/48	H01L 27/30, 51/42-51/48
ASSEMBLIES OF A PLURALITY OF SOLAR CELLS	H01L 25/00, 25/03, 25/16, 25/18, 31/042	H01L 25/00, 25/03, 25/16, 25/18, 31/042
SILICON; SINGLE-CRYSTAL GROWTH	C01B 33/02 C23C 14/14, 16/24 C30B 29/06	C01B 33/02 C23C 14/14, 16/24 C30B 29/06
REGULATING TO THE MAXIMUM POWER AVAILABLE FROM SOLAR CELLS	G05F 1/67	G05F 1/67
ELECTRIC LIGHTING DEVICES WITH, OR RECHARGEABLE WITH, SOLAR CELLS	F21L 4/00 F21S 9/03	F21L 4/00 F21S 9/03
CHARGING BATTERIES	H02J 7/35	H02J 7/35
DYE-SENSITISED SOLAR CELLS (DSSC)	H01G 9/20 H01M 14/00	H01G 9/20 H01M 14/00
▼ USE OF SOLAR HEAT	F24S	F24S
FOR DOMESTIC HOT WATER SYSTEMS	F24D 17/00, 18/00	F24D 17/00, 18/00

TOPIC	IPC	PATENTSCOPE
-------	-----	-------------

FOR SPACE HEATING	F24D 3/00, 5/00, 11/00, 19/00	F24D 3/00, 5/00, 11/00, 19/00
FOR SWIMMING POOLS	F24S 90/00	F24S 90/00
SOLAR UPDRAFT TOWERS	F03D 1/04, 9/00, 13/20 F03G 6/00	F03D 1/04, 9/00, 13/20 F03G 6/00
FOR TREATMENT OF WATER, WASTE WATER OR SLUDGE	C02F 1/14	C02F 1/14
GAS TURBINE POWER PLANTS USING SOLAR HEAT SOURCE	F02C 1/05	F02C 1/05
HYBRID SOLAR THERMAL-PV SYSTEMS	H01L 31/0525 H02S 40/44	H01L 31/0525 H02S 40/44
▼ PROPULSION OF VEHICLES USING SOLAR POWER	B60K 16/00	B60K 16/00
ELECTRIC PROPULSION OF VEHICLES USING SOLAR POWER	B60L 8/00	B60L 8/00
PRODUCING MECHANICAL POWER FROM SOLAR ENERGY	F03G 6/00-6/06	F03G 6/00-6/06
ROOF COVERING ASPECTS OF ENERGY COLLECTING DEVICES	E04D 13/00, 13/18	E04D 13/00, 13/18
STEAM GENERATION USING SOLAR HEAT	F22B 1/00 F24V 30/00	F22B 1/00 F24V 30/00
REFRIGERATION OR HEAT PUMP SYSTEMS USING SOLAR ENERGY	F25B 27/00	F25B 27/00
USE OF SOLAR ENERGY FOR DRYING MATERIALS OR OBJECTS	F26B 3/00, 3/28	F26B 3/00, 3/28
SOLAR CONCENTRATORS	F24S 23/00 G02B 7/183	F24S 23/00 G02B 7/183
SOLAR PONDS	F24S 10/10	F24S 10/10
▼ GEOTHERMAL ENERGY	F24T	F24T
USE OF GEOTHERMAL HEAT	F01K F24F 5/00 F24T 10/00-50/00 H02N 10/00 F25B 30/06	F01K F24F 5/00 F24T 10/00-50/00 H02N 10/00 F25B 30/06
PRODUCTION OF MECHANICAL POWER FROM GEOTHERMAL ENERGY	F03G 4/00-4/06, 7/04	F03G 4/00-4/06, 7/04
▼ OTHER PRODUCTION OR USE OF HEAT, NOT DERIVED FROM COMBUSTION, E.G. NATURAL HEAT	F24T 10/00-50/00 F24V 30/00-50/00	F24T 10/00-50/00 F24V 30/00-50/00
HEAT PUMPS IN CENTRAL HEATING SYSTEMS USING HEAT ACCUMULATED IN STORAGE MASSES	F24D 11/02	F24D 11/02

TOPIC	IPC	PATENTSCOPE
HEAT PUMPS IN OTHER DOMESTIC- OR SPACE-HEATING SYSTEMS	F24D 15/04	F24D 15/04
HEAT PUMPS IN DOMESTIC HOT-WATER SUPPLY SYSTEMS	F24D 17/02 , 18/00	F24D 17/02 , 18/00
AIR OR WATER HEATERS USING HEAT PUMPS	F24H 4/00	F24H 4/00
HEAT PUMPS	F25B 30/00	F25B 30/00
▼ USING WASTE HEAT		
TO PRODUCE MECHANICAL ENERGY	F01K 27/00	F01K 27/00
OF COMBUSTION ENGINES	F01K 23/06-23/10 F01N 5/00 F02G 5/00-5/04 F25B 27/02	F01K 23/06-23/10 F01N 5/00 F02G 5/00-5/04 F25B 27/02
OF STEAM ENGINE PLANTS	F01K 17/00 , 23/04	F01K 17/00 , 23/04
OF GAS-TURBINE PLANTS	F02C 6/18	F02C 6/18
AS SOURCE OF ENERGY FOR REFRIGERATION PLANTS	F25B 27/02	F25B 27/02
FOR TREATMENT OF WATER, WASTE WATER OR SEWAGE	C02F 1/16	C02F 1/16
RECOVERY OF WASTE HEAT IN PAPER PRODUCTION	D21F 5/20	D21F 5/20
FOR STEAM GENERATION BY EXPLOITATION OF THE HEAT CONTENT OF HOT HEAT CARRIERS	F22B 1/02	F22B 1/02
RECUPERATION OF HEAT ENERGY FROM WASTE INCINERATION	F23G 5/46	F23G 5/46
ENERGY RECOVERY IN AIR CONDITIONING	F24F 12/00	F24F 12/00
ARRANGEMENTS FOR USING WASTE HEAT FROM FURNACES, KILNS, OVENS OR RETORTS	F27D 17/00	F27D 17/00
REGENERATIVE HEAT-EXCHANGE APPARATUS	F28D 17/00-20/00	F28D 17/00-20/00
OF GASIFICATION PLANTS	C10J 3/86	C10J 3/86
DEVICES FOR PRODUCING MECHANICAL POWER FROM MUSCLE ENERGY	F03G 5/00-5/08	F03G 5/00-5/08
▼ TRANSPORTATION		
▼ VEHICLES IN GENERAL		

TOPIC	IPC	PATENTSCOPE
▼ HYBRID VEHICLES, E.G. HYBRID ELECTRIC VEHICLES (HEVS)	B60K 6/00, 6/20	B60K 6/00, 6/20
CONTROL SYSTEMS	B60W 20/00	B60W 20/00
GEARINGS THEREFOR	F16H 3/00-3/78, 48/00-48/30	F16H 3/00-3/78, 48/00-48/30
BRUSHLESS MOTORS	H02K 29/08	H02K 29/08
ELECTROMAGNETIC CLUTCHES	H02K 49/10	H02K 49/10
REGENERATIVE BRAKING SYSTEMS	B60L 7/10-7/22	B60L 7/10-7/22
ELECTRIC PROPULSION WITH POWER SUPPLY FROM FORCE OF NATURE, E.G. SUN, WIND	B60L 8/00	B60L 8/00
▼ ELECTRIC PROPULSION WITH POWER SUPPLY EXTERNAL TO VEHICLE	B60L 9/00	B60L 9/00
WITH POWER SUPPLY FROM FUEL CELLS, E.G. FOR HYDROGEN VEHICLES	B60L 50/50-58/40	B60L 50/50-58/40
COMBUSTION ENGINES OPERATING ON GASEOUS FUELS, E.G. HYDROGEN	F02B 43/00 F02M 21/02, 27/02	F02B 43/00 F02M 21/02, 27/02
POWER SUPPLY FROM FORCE OF NATURE, E.G. SUN, WIND	B60K 16/00	B60K 16/00
CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES	H02J 7/00	H02J 7/00
▼ VEHICLES OTHER THAN RAIL VEHICLES		
DRAG REDUCTION	B62D 35/00, 35/02 B63B 1/34-1/40	B62D 35/00, 35/02 B63B 1/34-1/40
HUMAN-POWERED VEHICLE	B62K B62M 1/00, 3/00, 5/00, 6/00	B62K B62M 1/00, 3/00, 5/00, 6/00
▼ RAIL VEHICLES	B61	B61
DRAG REDUCTION	B61D 17/02	B61D 17/02
▼ MARINE VESSEL PROPULSION		
PROPULSIVE DEVICES DIRECTLY ACTED ON BY WIND	B63H 9/00	B63H 9/00
PROPULSION BY WIND-POWERED MOTORS	B63H 13/00	B63H 13/00
PROPULSION USING ENERGY DERIVED FROM WATER MOVEMENT	B63H 19/02, 19/04	B63H 19/02, 19/04
PROPULSION BY MUSCLE POWER	B63H 16/00	B63H 16/00
PROPULSION DERIVED FROM NUCLEAR ENERGY	B63H 21/18	B63H 21/18

TOPIC	IPC	PATENTSCOPE
COSMONAUTIC VEHICLES USING SOLAR ENERGY	B64G 1/44	B64G 1/44
▼ ENERGY CONSERVATION		
STORAGE OF ELECTRICAL ENERGY	B60K 6/28 B60W 10/26 H01M 10/44-10/46 H01G 11/00 H02J 3/28, 7/00, 15/00	B60K 6/28 B60W 10/26 H01M 10/44-10/46 H01G 11/00 H02J 3/28, 7/00, 15/00
▼ POWER SUPPLY CIRCUITRY		
WITH POWER SAVING MODES	H02J 9/00	H02J 9/00
MEASUREMENT OF ELECTRICITY CONSUMPTION	B60L 3/00 G01R	B60L 3/00 G01R
STORAGE OF THERMAL ENERGY	C09K 5/00 F24H 7/00 F28D 20/00, 20/02	C09K 5/00 F24H 7/00 F28D 20/00, 20/02
▼ LOW ENERGY LIGHTING		
ELECTROLUMINESCENT LIGHT SOURCES (E.G. LEDS, OLEDS, PLEDs)	F21K 99/00 F21L 4/02 H01L 33/00-33/64, 51/50 H05B 33/00	F21K 99/00 F21L 4/02 H01L 33/00-33/64, 51/50 H05B 33/00
▼ THERMAL BUILDING INSULATION, IN GENERAL		
▼ INSULATING BUILDING ELEMENTS		
FOR DOOR OR WINDOW OPENINGS	E04B 1/62, 1/74-1/80, 1/88, 1/90	E04B 1/62, 1/74-1/80, 1/88, 1/90
FOR WALLS	E04C 1/40, 1/41, 2/284-2/296	E04C 1/40, 1/41, 2/284-2/296
FOR FLOORS	E06B 3/263	E06B 3/263
FOR WALLS	E04B 2/00 E04F 13/08	E04B 2/00 E04F 13/08
FOR FLOORS	E04B 5/00 E04F 15/18	E04B 5/00 E04F 15/18
FOR ROOFS	E04B 7/00 E04D 1/28, 3/35, 13/16	E04B 7/00 E04D 1/28, 3/35, 13/16
FOR CEILINGS	E04B 9/00 E04F 13/08	E04B 9/00 E04F 13/08
▼ RECOVERING MECHANICAL ENERGY		
CHARGEABLE MECHANICAL ACCUMULATORS IN VEHICLES	F03G 7/08	F03G 7/08
CHARGEABLE MECHANICAL ACCUMULATORS IN VEHICLES	B60K 6/10, 6/30 B60L 50/30	B60K 6/10, 6/30 B60L 50/30
▼ WASTE MANAGEMENT		
WASTE DISPOSAL	B09B B65F	B09B B65F
▼ TREATMENT OF WASTE		

TOPIC	IPC	PATENTSCOPE
DISINFECTION OR STERILISATION	A61L 11/00	A61L 11/00
TREATMENT OF HAZARDOUS OR TOXIC WASTE	A62D 3/00, 101/00	A62D 3/00, 101/00
TREATING RADIOACTIVELY CONTAMINATED MATERIAL; DECONTAMINATION ARRANGEMENTS THEREFOR	G21F 9/00	G21F 9/00
REFUSE SEPARATION	B03B 9/06	B03B 9/06
RECLAMATION OF CONTAMINATED SOIL	B09C	B09C
MECHANICAL TREATMENT OF WASTE PAPER	D21B 1/08, 1/32	D21B 1/08, 1/32
CONSUMING WASTE BY COMBUSTION	F23G	F23G
▼ REUSE OF WASTE MATERIALS		
USE OF RUBBER WASTE IN FOOTWEAR	A43B 1/12, 21/14	A43B 1/12, 21/14
MANUFACTURE OF ARTICLES FROM WASTE METAL PARTICLES	B22F 8/00	B22F 8/00
PRODUCTION OF HYDRAULIC CEMENTS FROM WASTE MATERIALS	C04B 7/24-7/30	C04B 7/24-7/30
USE OF WASTE MATERIALS AS FILLERS FOR MORTARS, CONCRETE	C04B 18/04-18/10	C04B 18/04-18/10
PRODUCTION OF FERTILISERS FROM WASTE OR REFUSE	C05F	C05F
▼ RECOVERY OR WORKING-UP OF WASTE MATERIALS	C08J 11/00-11/28 C09K 11/01 C11B 11/00, 13/00-13/04 C14C 3/32 C21B 3/04 C25C 1/00 D01F 13/00-13/04	C08J 11/00-11/28 C09K 11/01 C11B 11/00, 13/00-13/04 C14C 3/32 C21B 3/04 C25C 1/00 D01F 13/00-13/04
RECOVERY OF PLASTICS MATERIALS FROM WASTE	B29B 17/00	B29B 17/00
DISASSEMBLY OF VEHICLES FOR RECOVERY OF SALVAGEABLE PARTS	B62D 67/00	B62D 67/00
OF POLYMERS	C08J 11/04-11/28	C08J 11/04-11/28
PRODUCTION OF LIQUID HYDROCARBONS FROM RUBBER WASTE	C10G 1/10	C10G 1/10
SOLID FUELS DERIVED FROM WASTE	C10L 5/46, 5/48	C10L 5/46, 5/48
OBTAINING METALS FROM SCRAP	C22B 7/00-7/04, 19/30, 25/06	C22B 7/00-7/04, 19/30, 25/06

TOPIC	IPC	PATENTSCOPE
DISINTEGRATING FIBROUS MATERIALS FOR REUSE	D01G 11/00	D01G 11/00
WORKING-UP WASTE PAPER TO OBTAIN CELLULOSE	D21C 5/02	D21C 5/02
RECLAIMING SALVAGEABLE COMPONENTS OR MATERIAL FROM ELECTRIC DISCHARGE TUBES OR LAMPS	H01J 9/50 , 9/52	H01J 9/50 , 9/52
RECLAIMING SERVICEABLE PARTS OF WASTE CELLS, BATTERIES OR ACCUMULATORS	H01M 6/52 , 10/54	H01M 6/52 , 10/54
▼ POLLUTION CONTROL		
CARBON CAPTURE AND STORAGE	B01D 53/14 , 53/22 , 53/62 B65G 5/00 C01B 32/50 E21B 41/00 , 43/16 E21F 17/16 F25J 3/02	B01D 53/14 , 53/22 , 53/62 B65G 5/00 C01B 32/50 E21B 41/00 , 43/16 E21F 17/16 F25J 3/02
▼ AIR QUALITY MANAGEMENT		
▼ TREATMENT OF WASTE GASES		
EXHAUST APPARATUS FOR COMBUSTION ENGINES WITH MEANS FOR TREATING EXHAUST	F01N 3/00-3/38	F01N 3/00-3/38
RENDERING EXHAUST GASES INNOCUOUS	B01D 53/92 F02B 75/10	B01D 53/92 F02B 75/10
REMOVAL OF WASTE GASES OR DUST IN STEEL PRODUCTION	C21C 5/38	C21C 5/38
COMBUSTION APPARATUS USING RECIRCULATION OF FLUE GASES	C10B 21/18 F23B 80/02 F23C 9/00	C10B 21/18 F23B 80/02 F23C 9/00
COMBUSTION OF WASTE GASES OR NOXIOUS GASES	F23G 7/06	F23G 7/06
ELECTRICAL CONTROL OF EXHAUST GAS TREATING APPARATUS	F01N 9/00	F01N 9/00
▼ SEPARATING DISPERSED PARTICLES FROM GASES OR VAPOURS		
DUST REMOVAL FROM FURNACES	C21B 7/22 C21C 5/38 F27B 1/18 F27B 15/12	C21B 7/22 C21C 5/38 F27B 1/18 F27B 15/12
USE OF ADDITIVES IN FUELS OR FIRES TO REDUCE SMOKE OR FACILITATE SOOT REMOVAL	C10L 10/02 , 10/06 F23J 7/00	C10L 10/02 , 10/06 F23J 7/00

TOPIC	IPC	PATENTSCOPE
ARRANGEMENTS OF DEVICES FOR TREATING SMOKE OR FUMES FROM COMBUSTION APPARATUS	F23J 15/00	F23J 15/00
DUST-LAYING OR DUST-ABSORBING MATERIALS	C09K 3/22	C09K 3/22
POLLUTION ALARMS	G08B 21/12	G08B 21/12
▼ CONTROL OF WATER POLLUTION		
▼ TREATING WASTE-WATER OR SEWAGE	B63J 4/00 C02F	B63J 4/00 C02F
TO PRODUCE FERTILISERS	C05F 7/00	C05F 7/00
MATERIALS FOR TREATING LIQUID POLLUTANTS	C09K 3/32	C09K 3/32
REMOVING POLLUTANTS FROM OPEN WATER	B63B 35/32 E02B 15/04	B63B 35/32 E02B 15/04
PLUMBING INSTALLATIONS FOR WASTE WATER	E03C 1/12	E03C 1/12
MANAGEMENT OF SEWAGE	C02F 1/00, 3/00, 9/00 E03F	C02F 1/00, 3/00, 9/00 E03F
MEANS FOR PREVENTING RADIOACTIVE CONTAMINATION IN THE EVENT OF REACTOR LEAKAGE	G21C 13/10	G21C 13/10
▼ AGRICULTURE / FORESTRY		
FORESTRY TECHNIQUES	A01G 23/00	A01G 23/00
ALTERNATIVE IRRIGATION TECHNIQUES	A01G 25/00	A01G 25/00
PESTICIDE ALTERNATIVES	A01N 25/00-65/00	A01N 25/00-65/00
▼ SOIL IMPROVEMENT	C09K 17/00 E02D 3/00	C09K 17/00 E02D 3/00
ORGANIC FERTILISERS DERIVED FROM WASTE	C05F	C05F
▼ ADMINISTRATIVE, REGULATORY OR DESIGN ASPECTS		
COMMUTING, E.G., HOV, TELEWORKING, ETC.	G06Q G08G	G06Q G08G
CARBON/EMISSIONS TRADING, E.G. POLLUTION CREDITS	G06Q	G06Q
STATIC STRUCTURE DESIGN	E04H 1/00	E04H 1/00
▼ NUCLEAR POWER GENERATION		
▼ NUCLEAR ENGINEERING	G21	G21

TOPIC	IPC	PATENTSCOPE
FUSION REACTORS	G21B	G21B
NUCLEAR (FISSION) REACTORS	G21C	G21C
NUCLEAR POWER PLANT	G21D	G21D
GAS TURBINE POWER PLANTS USING HEAT SOURCE OF NUCLEAR ORIGIN	F02C 1/05	F02C 1/05