



PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA PATENTÁRIA SOBRE BIOCARVÃO E RESÍDUOS AGRÍCOLAS

Guilherme Henrique de Lima Freitas

Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, Brasil

guilherme.henriquefreitas@discente.univasf.edu.br

Vítor Marcos Lima dos Santos

Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, Brasil

vitor.marcos@discente.univasf.edu.br

Miriam Cleide Cavalcante de Amorim

Docente do colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, Bahia, Brasil

miriam.cleide@univasf.edu.br

Resumo: Biocarvão, ou *biochar*, é o nome dado ao carvão obtido a partir da conversão termoquímica de biomassa(s), resultante da conversão térmica em ambiente com concentração limitada de oxigênio (O₂). A busca e análise de patentes foi realizada em bases nacionais e internacionais por meio da plataforma *Espacenet*, *Lens* e do *Orbit Intelligence*® da *Questel*, além do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI). Na *Lens* foram obtidas 106 patentes, demonstrando dispor de uma cobertura bastante significativa. Destaca-se o possível cenário favorável para o desenvolvimento de tecnologias na área tendo em vista a fração de registros ainda pendentes, observado principalmente na plataforma do *Lens* (25%), o que indica que o desenvolvimento de tecnologias relacionadas da produção de biocarvão ainda possui interesse pelo mercado. Resultados do INPI mostram que resíduos de biomassa citados nas tecnologias de produção de biocarvão passaram por um processo de pirólise, uma técnica já conhecida no mercado que possui a finalidade de produzir um biocarvão e outro compostos, não sendo observado processo distinto ou inovador. Essa prospecção tecnológica e patentária, portanto, apresentou que certamente é viável que haja uma visão maior para estudos ligados às formas alternativas de produção de biocarvão, indicando potencial de inovação desses processos e/ou produtos.

Palavras-chave: Biomassa vegetal, Bioenergia, Busca de patentes.



1. Introdução

O termo *biochar* é a união das palavras em inglês *biomass* (biomassa) e *charcoal* (carvão), e identifica um material rico em carbono (biocarvão). É um produto resultante de um processo termoquímico de biomassas (ligno-celulósicos) de origem vegetal e, ou, animal, que inclui a pirólise, a carbonização hidrotérmica e a gaseificação, cuja principal finalidade é o uso agrícola tais como condicionador orgânico e fertilizante do solo; e para estoque de carbono no solo (Lehmann et al., 2011; Qian et al., 2015; Wang e Wang, 2019). O processo de pirólise concentra carbono(C) em uma forma mais resistente à degradação bioquímica (recalcitrância química), comparativamente a materiais naturais (in natura) (Hanke et al., 2020).

Segundo Trazzi et al. (2018) no processo de produção de biocarvão, existem três principais etapas de degradação térmica, que são governados principalmente pela temperatura de pirólise, pelo tempo que o material permanece no reator e pela taxa de aquecimento (rampa de aquecimento). Assim gera também o bio-óleo (pirólise rápida, que é o aquecimento muito rápido da biomassa) e o briquete, que possuem aplicação para diversos nichos do mercado, tais como usos residenciais (cocção de alimentos, lareiras), industriais e energéticos (termelétricas, indústria cimenteira, purificação de água e bebidas, indústria farmacêutica, filtros de máscaras contra gases) (Souza et al., 2016; Conjo et al., 2021), além de aplicações alternativas como o tratamento de águas residuais a fim de melhorar o processo de Digestão Anaeróbia (DA) (Luo et al., 2015) E, ainda, estudos de Xie et al. (2019) que apresentaram o carvão ativado como elemento capaz de acentuar o rendimento de Ácidos Graxos Voláteis (AGVs) no processo de biodigestão anaeróbia, reduzindo, também, o tempo de fermentação.

Todas essas aplicações são possíveis devido a seu grande potencial como adsorvente e matriz de suporte devido à sua elevada atividade superficial, elevada área de superfície específica e elevada capacidade de permuta iônica (Liu et al., 2020). Diversos são os tipos de biomassa ou resíduos e materiais orgânicos que podem ser utilizados como matérias-primas para o processo de produção de biocarvão, tais como cascas e bagaços de frutas, sabugos de milho, caule de algodão e palhas de trigo, de arroz e de cana de açúcar, resíduos de jardinagem (folhas, madeira e relva), resíduos municipais como lodos de esgotos e resíduos alimentares, além de algas (algas azuis, algas verdes e *Enteromorpha prolifera*) (Li et al., 2019^a; Cabrini; Nardi (2020); Repossi et al., 2022).

Segundo Hanke et al. (2022), o emprego de resíduos provenientes de atividades agropecuárias na produção de biocarvão é crescente no Brasil. E ressalta que ainda existe muito desconhecimento sobre a composição e as potencialidades dos produtos gerados pelo processo de pirólise, a partir de diferentes fontes de biomassa. As características do BC são altamente dependentes do tipo de biomassa pirolisada, do tempo de pirólise e, principalmente, da temperatura do processo. A biomassa lignocelulósica consiste em um material fibroso, com alta área superficial e baixa massa específica aparente, formado majoritariamente por celulose, hemicelulose e lignina (Jorge; Tavares; Santos, 2021). A sua composição apresenta um papel importante na distribuição dos produtos de pirólise. Cada material exibe uma



característica particular quando é pirolisado devido à proporção dos componentes que o constituem (Rocha; Mesa Pérez; Cortez, 2004).

De maneira geral, é possível produzir BC de qualquer fonte de biomassa, porém a matéria-prima influencia nas propriedades química e física dos BC. Em função do tipo de material vegetal, bem como do tipo de reator de pirólise utilizado, podem ocorrer expressivas diferenças das características finais do BC (Hanke, 2020). Conforme Veiga et al. (2017), a utilização da biomassa para produção de biocarvões já é uma realidade, porém pouco se sabe sobre a sua estrutura e composição, principalmente, mediante as transformações ocorridas durante o processo de tratamento térmico.

Estas informações são fundamentais, uma vez que terão impacto imediato na qualidade e aplicabilidade do material produzido. Assim, as diferentes biomassas utilizadas como matéria prima e as diferentes temperaturas utilizadas no processo de pirólise definirão diferentes processo de produção do biocarvão.

O termo “prospecção tecnológica” designa atividades de prospecção centradas nas mudanças tecnológicas, em mudanças na capacidade funcional ou no tempo e significado de uma inovação (Amparo et al., 2012). É inquestionável a relevância de patentes e a direta ligação com o desenvolvimento da tecnologia e da sociedade. O sistema de patentes de proteção às invenções, às marcas e aos direitos autorais evolui desde seus primórdios.

As patentes podem trazer diversas vantagens, além dos incentivos ao desenvolvimento tecnológico, o fomento à pesquisa científica, a disseminação do conhecimento prático e econômico, a criação de novos mercados e a satisfação das necessidades potenciais dos consumidores (Canalli; Silva, 2022; Ferreira; Guimarães; Contador, 2009). Acerca da prospecção tecnológica, o rápido avanço do conhecimento e processo tecnológico envolvido no mundo globalizado produz implicações na produção da ciência, tecnologia e inovação (Barros; Porto Junior, 2021).

Diante do exposto demonstra-se o potencial de atuação do biocarvão em áreas consideradas estratégicas e evidenciam a importância dos processos de produção, motivando este estudo prospectivo de tecnologias associadas à fabricação de biocarvões aplicáveis a resíduos agrícolas a fim de verificar por meio de análise de patentes, lacunas de mercado e contribuir com o desenvolvimento de novas tecnologias. Portanto, o presente estudo prospectivo tem a finalidade de apresentar o cenário de patentes relacionadas à produção de biocarvão à base de resíduos agrícolas.

3. Metodologia

Visando a alcançar o maior número de registros relacionados à produção de biocarvão, sob perspectiva no cenário mundial, o presente estudo conta com uma análise nos principais bancos de patentes. Selecionou-se o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), órgão nacional responsável por registrar e proteger marcas e patentes, o *Espacenet*, base de dados do Escritório Europeu de Patentes,



que armazena mais de 90 milhões de patentes com documentos de mais de 90 países, *ORBIT®* da empresa *Questel*, que abrange mais de 96 países e o *Lens* que possui uma ferramenta de análise de patentes com indexação de citações.

Assim, para escolha das patentes encontradas, selecionou-se apenas aquelas que possuíam as palavras-chave “Bio carvão *OR* Biocarvão” em português, quando buscadas no INPI, e “*Bio coal OR Biocoal*” em inglês nas demais plataformas (*Orbit*, *Espacenet* e *Lens*) especificamente no título. Posteriormente, quando já selecionadas, foi realizado um refinamento para verificar se o processo ou produto relacionado à patente se referia ao uso de algum resíduo agrícola. Desta forma, as patentes que não possuíam relação com resíduos agrícolas foram descartadas, bem como as duplicadas.

A Figura 1 apresenta as etapas metodológicas evidenciando as etapas da prospecção realizada.

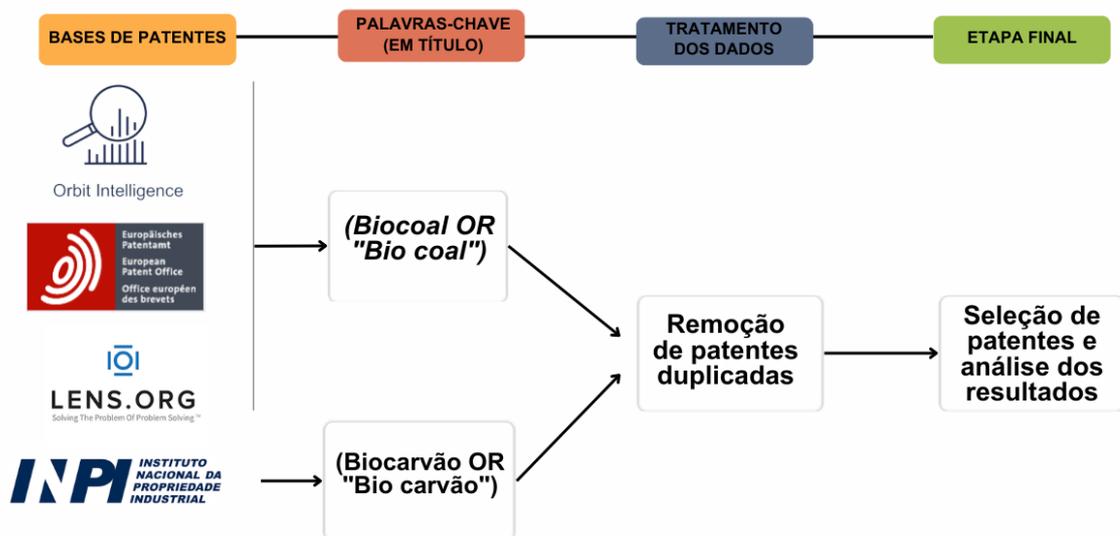


Figura 1. Etapas da busca de patentes.

Fonte: Autores, 2024.

4. Resultados e discussão

4.1. Cenário mundial das tecnologias de produção de biocarvão

Os resultados da prospecção patentária associada à produção de biocarvão à base de resíduos de interesse agrícola, nas bases de patentes INPI, *Espacenet*, *Lens*, mostraram um total de publicações de 204 patentes. Com destaque no *Lens*, o qual foi a base que mais retornou resultados, obtendo-se uma totalidade de 106 patentes, demonstrando que essa base dispõe de uma cobertura bastante significativa.

Atualmente, o *Lens* hospeda mais de 118 milhões de registros de patentes e 208 milhões de trabalhos acadêmicos, representando pelo menos 95 jurisdições e 193 países baseados em afiliações, respectivamente (Jefferson *et al.*, 2019).

De forma contrária aos sistemas de patentes de âmbito internacional, o INPI, que abrange tecnologias concedidas no Brasil, obteve o menor número de patentes. Resultados quantificaram um total de apenas 19 patentes relacionadas a (Biocarvão



OR “Bio carvão”), entre as quais somente quatro possuíam relação com produção do biocarvão de biomassa vegetal. Pesquisas de Fialkoski; Malfatti (2018) de depósitos referentes ao INPI apresentaram um número dez vezes menor do que no sistema USPTO. Moura; Sousa; Júnior (2016) encontraram uma quantidade de 3, 12, 13 e 60 nas bases de patentes INPI, *Espacenet*, USPTO e WIPO respectivamente. Denotando, portanto, que o INPI pode conter limitação referentes a determinadas tecnologias.

Ao analisar a situação legal das patentes retornadas (Figura 2), pode-se observar que, em todas as bases de dados analisadas, a fração preponderante é de patentes ativas, representando 47, 50 e 44% dos arquivos retornados nas bases do *Espacenet*, *Lens* e *Orbit* nesta ordem. Em contrapartida, o sistema do INPI não foi considerado na presente etapa, já que não se permite filtrar por essa categoria (status legal).

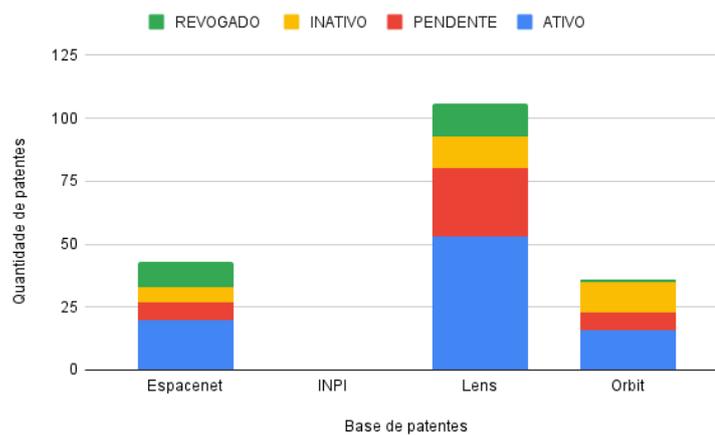


Figura 2. Quantitativo de patentes conforme sua situação legal.

Fonte: Autores, 2024.

Portanto, indicando que os titulares possuem o direito jurídico de proibir que terceiros utilizem, comercializem, vendam ou importem os itens patenteados sem sua permissão e autorização (Abreu *et al.*, 2023). Vale destacar o possível cenário favorável para o desenvolvimento de tecnologias na área tendo em vista a fração de registros ainda pendentes, observado principalmente na plataforma do Lens (25%), o que indica que o desenvolvimento de tecnologias relacionadas à produção de biocarvão ainda possui interesse pelo mercado.

A primeira patente, entre os resultados da pesquisa, que trata do processo de produção de biocarvão foi publicada em 1985 na Alemanha, com código DE 3424491 A1, intitulada “*Process for producing roast bio-coal and equipment for carrying it out*”, abordando acerca do procedimento e equipamentos para produção de um biocarvão à base de palha, espigas de milho e madeira lascada ou cortada.

Nos anos que se seguiram a primeira publicação, a partir da análise temporal da Figura 3, observa-se um cenário limitado no desenvolvimento de novas tecnologias, onde, em 23 anos que sucederam o primeiro registro, apenas quatro



tecnologias foram registradas no banco de dados do *Lens* e do *Espacenet*, ao passo que a base da *Orbit* apresentou apenas dois registros.

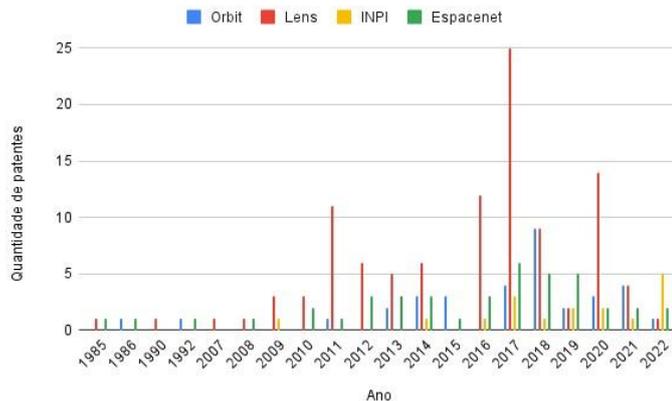


Figura 3. Distribuição temporal da publicação de patentes sobre biocarvão

Fonte: Autores, 2024.

Todavia pode-se observar o crescimento no número de patentes publicadas nos últimos dez anos em todos os bancos de patentes, pois o período contempla uma fração considerável do quantitativo retornado nas bases da *Lens* (80,0%), *Espacenet* (83,3%), *Orbit* (91,2%) e INPI (94,1%), porém se percebe um decréscimo após o ano de 2020.

Analogamente, os resultados de Silva; Dias (2023) denotaram que, a partir do ano de 2020, houve decréscimo no número de patentes. A hipótese foi então relacionada ao período de sigilo de patentes, as quais ficam indisponíveis para consulta durante um período de até 18 meses. Ainda, Ribeiro; Mendes (2022) citam que as atividades administrativas podem ter sido prejudicadas devido à pandemia da Covid-19, implicando atraso na análise das cartas de patentes e consequentemente no tempo de divulgação dessas.

Ao analisar o cenário mundial quanto ao domínio tecnológico por país (Figura 4) nos bancos de dados de patentes, pode-se observar predominância da Alemanha no banco do *Orbit* (7), e da China nas bases do *Lens* (17) e *Espacenet* (14). Vale destacar que na Alemanha o carvão, oriundo de mineração, desempenhou um papel de destaque no país até o ano de 2018 (Aristizabal-h *et al.*, 2023), o que pode ter condicionado ao desenvolvimento de tecnologias na área com outras matérias primas, evidenciado pela publicação de patentes a partir de 2017 (71,4%). Já na China o carvão é uma importante fonte de energia primária, especialmente para o aquecimento doméstico rural (Li *et al.*, 2023), sendo responsável por consumir cerca de metade do total global de carvão (Wei *et al.*, 2020).


Workshop Internacional
SUSTENTARE & WIPIS 2024
 Sustentabilidade, Indicadores e Gestão de Recursos Hídricos
www.sustentarewipis.com.br

18 a 22
 de novembro
 Transmissão online • Evento gratuito

Realização:    
 Apoio Institucional:  

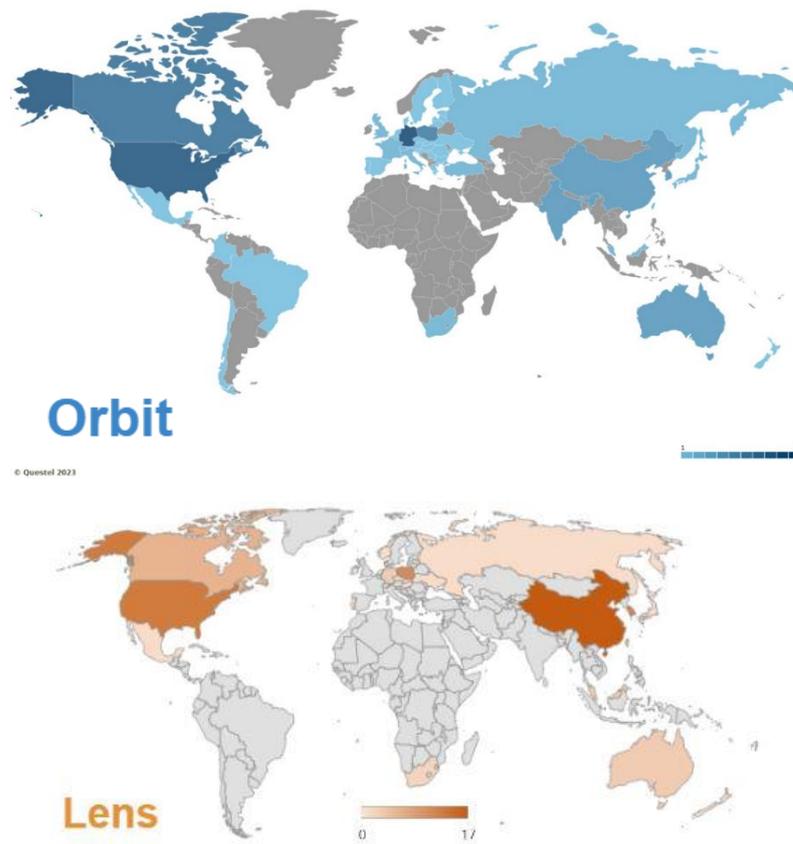


Figura 4. Cobertura de mercado da tecnologia de biocarvão a partir dos dados do *Lens* e *Orbit*.

Fonte: Autores, Lens e Orbit, 2024.

4.2. Discussão acerca das tecnologias encontradas no INPI

Observa-se na Tabela 1 que, de maneira geral, as técnicas utilizadas nas quatro patentes retornadas e refinadas no INPI não são exatamente específicas para cada tipo de material utilizado. Isto é, os resíduos de biomassas citados nas tecnologias de produção de um biocarvão passaram por um processo de pirólise, uma técnica já habitualmente conhecida no mercado que possui a finalidade de produzir um biocarvão.

Tabela 1. Características das patentes no INPI.

Número de depósito	Matéria-prima	Processo	Base de patentes
BR 10 2021 021483 0	Biomassas e outros resíduos	Pirólise	INPI
BR 10 2021 005872 2	Frutos de baru e jatobá	Pirólise	INPI
BR 10 2020 013415 9	Cachos vazios de dendê	Pirólise	INPI
BR 11 2015 013462 9	Resíduos agrícolas não especificados	Pirólise	INPI

Fonte: Autores, 2024.



4.3. Análise das principais Classificações Internacionais de Patentes (CIPs)

Conforme nota-se na Figura 5, as principais CIPs reunidas nas bases de patentes, considerando resultados do *Orbit*, *Espacenet*, INPI e *Lens* foram: C10B57/00, C10B47/00, C10B21/00, C10L9/00, C10B53/00 e C10L5/00. Isto é, as principais tecnologias encontradas em cada sistema, diante desses resultados, estão ligadas a essas classificações. Pressupondo, portanto, que pesquisas relacionadas ao estudo de métodos ou produção de biocarvão podem ser filtradas com base nesses códigos a fim de obter-se informações de patentes que se relacionam diretamente com o tema proposto.

Ainda, destaca-se que os grupos C10L5 e C10B53 possuíram maior significância, uma vez apareceram com maior frequência, quantificando um total de 159 e 84 nas patentes nesta ordem. A CIP funciona como um catálogo para especificar o conteúdo técnico de uma patente. Assim como o CEP serve para ajudar a encontrar um endereço de uma casa, a CIP auxilia a encontrar o conteúdo técnico de uma patente (INPI, 2021).

Também é importante ressaltar que especificamente o subgrupo C10L5/44 foi o mais relevante no *Lens*, com um número de 39 patentes, ao passo que no *Espacenet* resultou em 20 patentes. Por outro lado, o C10B53/02 demonstrou ter relevância também, visto que se apresentou em quantidade de 9, 40 e 4 no *Espacenet*, *Lens* e INPI respectivamente. A C10B53/02 se nomeia de “Destilação destrutiva, especialmente adaptada a determinadas matérias-primas sólidas ou matérias-primas sólidas de forma especial de material contendo celulose de ácido pirolenhoso” e a C10L5/44 refere-se a “Combustíveis sólidos (produzidos pela solidificação de combustíveis fluidos) em substância de origem vegetal” (INPI, 2023).

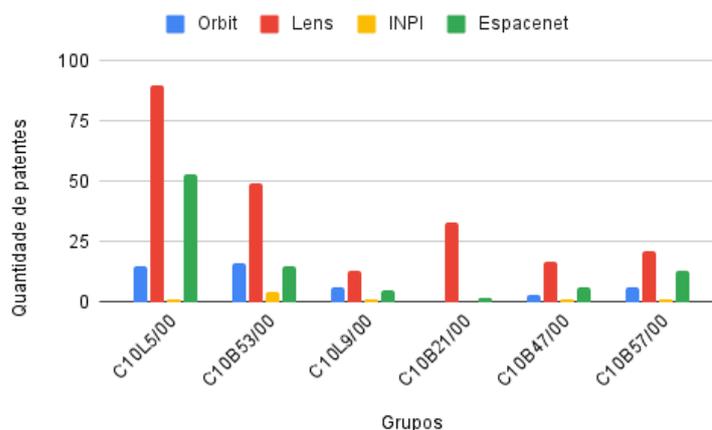


Figura 5. Comparação da quantidade de CIPs obtidas nos sistemas *Orbit*, *Lens*, INPI e *Espacenet*.

Fonte: Autores, 2024.

5. Conclusões

Observa-se, por meio do INPI, que as tecnologias ou patentes relacionadas à



produção de biocarvão à base de resíduos agrícolas, conforme os parâmetros considerados nesta prospecção, ainda não estão sendo bem explorados especialmente no Brasil. Abrindo, dessa forma, um potencial de estudo para área de inovação relacionadas a essas patentes, seja de um processo ou produto.

Mesmo referindo-se às bases de âmbito internacional (*Lens, Orbit e Espacenet*), essas obtiveram baixo número de resultados de tecnologias que se relacionam especificamente com o objetivo proposto. Essa prospecção, portanto, apresentou que certamente é viável que haja uma visão maior para estudos ligados às formas alternativas de produção de biocarvão com foco em novas tecnologias, isto é, que se explore mais esse tema em estudos futuros.

6. Agradecimentos

Agradecimentos ao PET-MEC, ao FNDE pelo apoio financeiro e à UNIVASF pelo apoio institucional.

7. Referências bibliográficas

ABREU, W. F. de; SILVA, K. C. L. da; BARBAS, L. A. L.; ROCHA, C. A. M. da. Estudo Prospectivo Sobre a Aplicação da Biorremediação na Aquicultura. **Cadernos de Prospecção**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 262–277, 2023.

ARISTIZABAL-H, G.; GOERKE-MALLET, P.; KRETSCHMANN, J.; RESTREPO-BAENA, O. J. Sustainability of coal mining. **Is Germany a post-mining model for Colombia? Resources Policy**, v. 81, 2023.

BARROS, M. C.; PORTO JUNIOR, F. G. R. Prospecção Tecnológica: O que é e para que serve? A prospecção tecnológica como ferramenta de planejamento estratégico na gestão pública. Palmas: Eduft, p. 17, 2021. Disponível em: <https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/2685/1/Cartilha%20de%20prospe%C3%A7%C3%A3o%20tecnol%C3%B3gica.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2023.

CABRINI, M. P.; NARDI, M. C. C. Produção de biocarvão de resíduos de laranja aplicado como adsorvente no tratamento de águas contaminadas com o corante fucsina básica. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 101028-101035, 2020.

CONJO, M. P. F.; CHICANGO, D. B.; JESUS, O. M.; SOUZA P, DE P. Proposta de introdução do modelo de produção de carvão vegetal utilizado no Brasil em Moçambique como forma de redução de impactos ambientais derivados do processo. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 7, n. 12, p. 1277–1293, 2021.



CORDEIRO, N. K.; CARDOSO, K. P. S.; MATA, T. C.; BARBOSA, J. A.; GONÇALVES JR, A. C. Gestão de resíduos agrícolas como forma de redução dos impactos ambientais. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 2, p. 23-34, 2020.

EPO - European Patent Office. Disponível em <<https://worldwide.espacenet.com/patent/search>>. Acesso em 19 ago. 2023.

FIALKOSKI, D.; MALFATTI, C. R. M. Nanotecnologia: uma prospecção tecnológica no âmbito nacional e internacional. **Cadernos de Prospecção**, [S. l.], v. 12, n. 3, p. 590, 2019.

HANKE, D.; NASCIMENTO, S. G. da S.; RIBEIRO, T.; BARBIER, A. L. Seria o Biocarvão uma alternativa potencial para o desenvolvimento da Agricultura Familiar? Uma tentativa de consolidação de tecnologias sociais com foco na dinâmica do C no solo. XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2017, Aracaju-SE. Anais [...]. [s. n.], 2019. 5 p.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL.

Manual básico para proteção por patentes de invenções, modelos de utilidade certificados de adição. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/guia-basico/ManualdePatentes20210706.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2023.

INPI. INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. Consulta à Base de Dados do INPI. Disponível em

<https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/patentes/PatenteSearchAvancado.jsp>. Acesso em: 19 ago. 2023.

JEFFERSON, O. A.; KOELLHOFER, D.; WARREN, B.; JEFFERSON, R. The Lens MetaRecord and LensID: An open identifier system for aggregated metadata and versioning of knowledge artefacts. Disponível em: osf.io/preprints/lissa/t56yh. Acesso em: 22 ago. 2023.

JORGE, I. R.; TAVARES, F. P.; SANTOS, K. G. dos. Reutilização de bagaço de cana como bioadsorvente na remoção do azul de metileno em leito fixo. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, Uberaba - MG, v. 5, n. 1, p. 57–70, 2021.

LEHMANN, J.; RILLIG, M. C.; THIES, J.; MASIELLO, C. A.; HOCKADAY, W. C.; CROWLEY, D. Biochar effects on soil biota: a review. **Soil Biology and Biochemistry**, New York, v. 43, n. 9, p. 1812-1836, 2011.

LI, G.; HU, R.; HAO, Y. H.; YANG, T.; LI, L.; LUO, Z.; XIE, L. et al. CO₂ and air pollutant emissions from bio-coal briquettes. **Environmental Technology & Innovation**, v. 29, 102975, 2023.



LIU, J.; JIANG, J.; MENG, Y.; AIHEMAITI, A.; XU, Y.; XIANG, H.; GAO, Y.; CHEN, X. Preparation, environmental application and prospect of biochar-supported metal nanoparticles: A review. **Journal of Hazardous Materials**, v. 388, p. 122026, 2020.

LUO, C.; LU, F.; SHAO, L.; HE, P. Application of eco-compatible biochar in anaerobic digestion to relieve acid stress and promote the selective colonization of functional microbes. **Water Research**, v. 68, p. 710–718, 2015.

MOURA, S. M. S.; SOUSA, S. R. S. JÚNIOR, C. M. A. Genipa americana: prospecção tecnológica. **Jornal Interdisciplinar de Biociências**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 31-35, 2016.

Publicação IPC. 2023.01. Disponível em: <http://ipc.inpi.gov.br>. Acesso em: 22 ago. 2023.

RIBEIRO, E. N. M. N.; MENDES, A. C. Mapeamento de Informações Tecnológicas em Documentos de Patente: uso da *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott na produção de fármacos, larvicidas e repelentes. **Cadernos de Prospecção**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 1323–1339, 2022.

ROCHA, J. D., MESA PÉREZ, J. M., CORTEZ, L. A. B. Aspectos Teóricos e Práticos do Processo de Pirólise de Biomassa. **Energia na Indústria de Açúcar e Alcool UNIFEI**, Itajubá, p. 22, 2004.

SILVA, R. R.; DIAS, T. M. R. Analisando a produção técnica brasileira: uma abordagem considerando registros de patentes. **Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 245–262, 2023.

SOUZA, N. D.; AMODEI, J. B.; XAVIER, C. N.; JÚNIOR, A. F. D.; CARVALHO, A. M. Estudo de Caso de uma Planta de Carbonização: Avaliação de Características e Qualidade do Carvão Vegetal Visando Uso Siderúrgico, **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 270-277, 2016.

THE LENS. Disponível em: <https://www.lens.org/>. Acesso em: 19 ago. 2023.

TRIPATHI, N.; HILLS, C. D.; SINGH, R. S.; ATKINSON, C. J. Biomass waste utilisation in low-carbon products: harnessing a major potential resource. **npj Clim Atmos Sci** 2, v. 35, 2019.

WEI, W., MUSHTAQ, Z., SHARIF, M., ZENG, X., QAISANI, M. A. Evaluating the coal rebound effect in energy intensive industries of China. **Energy**, v. 207, p. 118247, 2020.

XIE, J.; CHEN, Y.; DUAN, X.; FENG, L.; YAN, Y.; WANG, F.; ZHANG, X. et al. Activated carbon promotes short-chain fatty acids production from algae during anaerobic fermentation. **Sci. Total Environ**, 2019.