

Biochar em solos com espécies florestais: uma análise bibliométrica

Maria Cintia Silva de Freitas¹; Paulo André Trazzi²

¹. Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Acre. E-mail: maria.cintia@sou.ufac.br;

². Engenheiro Florestal, Dr., Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal do Acre.
E-mail: paulo.trazzi@ufac.br

Resumo

O *biochar* é um produto resultante de pirólise da biomassa que vem tendo um destaque como condicionador de solos. O objetivo com este trabalho foi realizar uma revisão bibliométrica sobre o uso desse produto nos solos com espécies florestais na base de dados scopus e organizar os dados encontrados, na forma de gráficos e tabelas com o uso do *Excel* e *VOSviewer* para as inferências pertinentes. Foram encontrados 185 trabalhos nos últimos 20 anos sobre a área, em sua maioria artigos (169) escritos em inglês (86%). O documento mais mencionado ultrapassou 2000 citações e o país com o maior número de citações foram os Estados Unidos (3040), mesmo sendo apenas o terceiro com mais documentos, já que China foi o país com maior número de publicações e conexões. As palavras-chave mais utilizadas pelas revistas foram “*biochar*” e “*Black carbon*”, que coincidem com os termos de busca da pesquisa no scopus.

Palavras-chave: *Black carbon*, pesquisa, bibliometria, citações, documento.

Introdução

Para Silva et. al. (2011), o princípio da bibliometria constitui em analisar a atividade científica ou técnica pelos estudos quantitativos das publicações, ou seja, os dados são calculados a partir de contagens estatísticas de publicações ou de elementos que reúnem uma série de técnicas estatísticas, buscando quantificar os processos de comunicação escrita. Essa metodologia gera embasamento nos estudos descritivos, que procuram descobrir e classificar a relação entre variáveis, os quais propõem descobrir as características de um fenômeno ou tema especificado (FERNANDES, 2018).

Biochar, ou biocarvão, é um termo recente que surgiu das palavras “*biomass*” (do inglês, biomassa) e “*charcoal*” (do inglês, carvão) e trata-se de um material com altos teores de carbono, obtido a partir do processo de pirólise de biomassa, em baixa ou nenhuma quantidade de oxigênio, aliado a temperaturas moderadas (LEHMANN E JOSEPH, 2012). Inicialmente aplicado apenas na agricultura, esse produto atualmente vem ganhando novos destaques e se expandindo para diferentes ramos, devido ao seu uso plural que engloba desde a criação animal até redução das emissões de carbono para a atmosfera, além do custo baixo e acessível (SCHMIDT, 2012).

A biomassa vegetal é uma das principais matéria-prima para a produção do *biochar*, mas esse não é o único vínculo do material com o ramo florestal, já que pesquisas em todo o mundo vêm sendo conduzidas para avaliar a sua influência no crescimento em altura, diâmetro e incremento da biomassa de espécies florestais, tanto em mudas nas estufas quanto em povoamentos no campo (MAIA et. al. 2021). Essas variáveis, no entanto, estão lentamente começando a ser modificadas para incluir também os solos florestais, importante compartimento que não possuía destaque até as últimas décadas. Gomes-Luna et. al (2009) verificaram a influência do *biochar* em solos florestais através da análise da dinâmica de carbono e nitrogênio nesse ambiente. As demais produções relacionadas a esse tema ao longo do tempo estão vinculadas a povoamentos em climas temperados, ou com a implantação de espécies exóticas como o eucalipto, muitas vezes, contando até mesmo com esses dois tópicos simultaneamente (ZHOU et. al. 2017). Nesse sentido, se faz necessário a realização de pesquisa bibliométrica acerca do comportamento do *biochar* em solos com espécies florestais, de modo que objetivou-se realizar uma compilação dos dados presentes na literatura sobre esse tema de forma imparcial e metódica, quantificando essas informações por meio de gráficos e tabelas.

Material e Métodos

Para se obter os resultados esperados utilizou-se no dia 28 de abril de 2022 a conjuntura de palavras e operadores lógicos: ((*biochar* or *hydrochar* or “*carbon activated*” or “*black carbon*”) and *forest and soil*) no campo de busca do banco de dados scopus da *Elsevier* através do portal de periódicos da CAPES, sem nenhum filtro aplicado. O alto número de termos em conjunto com

“biochar” no mecanismo de filtragem foi utilizado por que apesar do termo ser recente, o seu uso como condicionador de solos data de um período bem mais antigo, e esse foi o meio encontrado para abranger todas as nomenclaturas conhecidas do produto e não restringir a busca e consequentemente a bibliometria, mesmo motivo pelo uso de outro idioma na busca. Os documentos encontrados através dessa busca foram todos exportados em formato de valores separados por vírgula (*comma-separated-values – csv*) com todas as lacunas de informação

Depois de exportados e descompactados, as informações armazenadas foram processadas no programa *Microsoft Excel for Windows®*, onde transformou-se os dados em tabelas no formato pasta de trabalho e realizou-se um filtro manual para selecionar o material a ser utilizado na revisão bibliométrica apenas pelo título, e resumo quando o título se tornasse desconexo ou pouco informativo. Após a filtragem manual foi realizado a geração de gráficos e tabelas com as informações mais pertinentes extraídas, além de imagens de correlação que foram criadas através do segundo programa utilizado: *VOSviewer (Visualization of Similarities)*. Esse programa permitiu a criação de imagens que auxiliam para verificar as redes de conexões na densidade de publicações de autores, países e uso de palavras-chave por periódicos e pesquisadores.

Resultados e Discussão

Para efeito de seleção, considerou-se como “biochar” os carvões produzidos a partir de pirólise e descartou-se aqueles produzidos por fogo, além de se considerar as espécies de bambus encontradas no filtro como espécies florestais, já que Lacerda e Kellermann (2017) definiram a espécie como “típica de ambientes florestais, observado naturalmente nas florestas ombrófilas brasileiras”. A partir destas considerações apenas 185 documentos foram utilizados a partir dos 530 títulos exportados do scopus, sendo 91% do material utilizado publicado como artigo e os demais divididos entre revisões (4%), documentos em anais de conferências (2%) capítulos de livros (2%), livros e erratas (1%). O idioma mais utilizado para publicações foi o inglês (87%) devido a dois fatores principais: 1) Canadá e estados unidos foram o segundo e terceiro país com maior número de publicação e 2) Existe um incentivo do uso do idioma na comunidade científica e maior oportunidades de citações como mencionado por Nassi-Caló (2016). O segundo idioma mais publicado foi o chinês (9%), o que corrobora com o fato que a China foi o país com o maior número de publicações.

Independentemente do idioma utilizado, as publicações foram hospedadas em 104 periódicos, sendo que a “*Forest Ecology and Management*” foi a única revista com uma representação significativa de hospedagem (6%), contendo mais de 10 trabalhos publicados sobre o biochar ao longo dos 20 anos de pesquisas na área (Figura 1), enquanto apenas 4 outras revistas publicaram mais do que 5 trabalhos na área. Durante esses 20 anos, houve um acréscimo quase homogêneo, com exceção de dois momentos sequenciais que valem a pena ser mencionados: O primeiro foi o aumento significativo em 2006 quando foi publicado o trabalho de maior citação na área e também o responsável pela primeira aparição do termo biochar na literatura, o que pode ter influenciado mais profissionais a se interessarem pela área e publicarem naquele ano. Em seguida tivemos uma redução em 2007, o único ano em duas décadas que não houve nenhuma publicação na área de solos florestais, apenas menções a “*dissolved organic matter*”, solos agrícolas e carvão vegetal a partir de combustão.

Devido ao número limitado de trabalhos sobre solos com espécies florestais, os dados de citações por países são bem elevados, pois a área de pesquisa ainda é recente e se concentra em ambientes específicos (Ásia, Europa e América do Norte), com fontes de dados sendo estabelecidas nesses países que iniciaram a pesquisa na área. Entre essas fontes escassas, no entanto, ainda é possível fazer uma análise avaliativa, com base na relação entre o número de documentos produzidos por um país (Figura 2) e a sua quantidade de citações, principalmente porque foram encontradas 32.284 citações em 96 países entre os continentes. A China, que possui o maior número de documentos publicados (65), tem apenas metade das citações dos Estados Unidos, que possui apenas 32 publicações. Austrália e Suécia, possuem o mesmo número de publicações (8) e são relativamente homogêneas em relação ao número de citações, enquanto o Japão (11) que apresenta um documento a mais que Espanha (10), tem apenas a metade do seu volume de citações. O caso mais substancial é o Reino Unido, que com apenas 3 documentos, é o segundo país mais citado, estando acima de potências na área como o Canadá, que conta com mais de 34 publicações.

Essa concentração de citações é distinta e não usual, mas quando analisamos essa variável para os autores nota-se a reprodução do mesmo efeito, tornando esta, uma característica da área. 730 autores apresentam publicações na área analisada, mas apenas 8 contam com mais de 500 citações, sendo o Lehmann J. aquele com números mais expressivos. Como os autores com maior número de publicações na área contam com quase 9 documentos em periódicos e os autores com

mais citações não publicaram mais que 2 documentos, percebe-se a relevância das descobertas científicas realizadas por eles no campo. Publicado na “*Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*”, a descoberta científica de Lehmann et.al. (2006) foi o nome pelo qual o carvão produzido por pirólise passou a ser chamado a partir da aparição do termo em “*Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – A review*” publicado em 2006, já que antes dessa data, os poucos documentos referentes ao produto o chamavam de “*Black Charcoal*”. Esse documento possui mais citações do que todos os países em conjunto, com exceção de Reino Unido e Estados Unidos, países originários dos profissionais, mostrando a importância dessa publicação para esses índices.

Figura 1: Periódicos com o maior número de publicação dos documentos

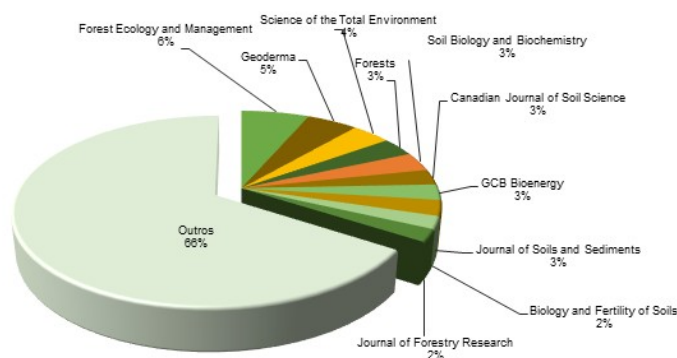
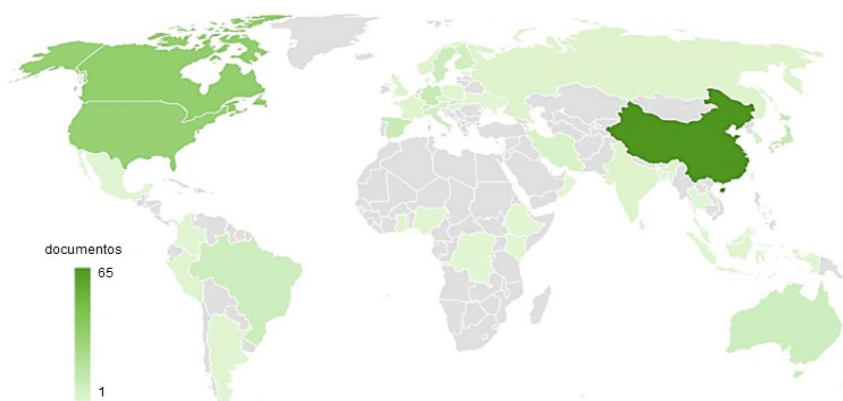


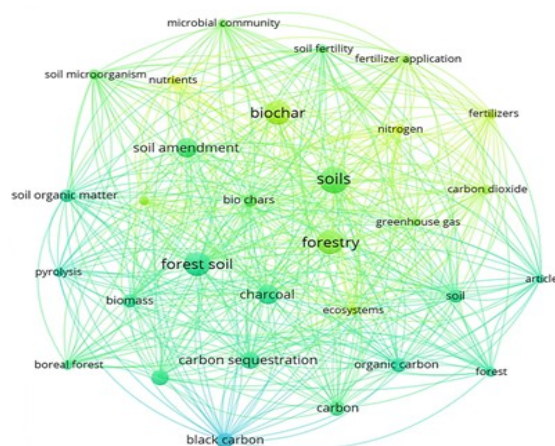
Figura 2: densidade de documentos por países utilizados na revisão bibliométrica.



Para a análise das palavras-chave e observação das conexões entre países e autores utilizou-se as redes de visualizações de similaridades temporais e em clusters (Figura 3). Para a conexão entre os países utilizou-se a visualização em cluster, verificando-se que Estados Unidos, Canadá e China apresentaram as maiores conexões, apresentando somaticamente mais de 70 conexões. 15 outros países tiveram alguma colaboração científica, mesmo que menos expressiva, mas todo o restante dos países não teve nenhuma colaboração entre si. Não é possível identificar explicação nessas variáveis quantitativas, pois, mesmo países com o mesmo número de documentos publicados que o Irã (4), apresentaram em algum desses trabalhos, conexões com outros países.

Apesar de toda a pesquisa filtrada ser relacionada a aplicação do *biochar*, este não é o termo mais utilizado pelos periódicos, fenômeno explicado devido aos inúmeros nomes para o mesmo produto. Compilando-se esses termos encontra-se um alto resultado, mas de forma dissolvida, os termos mais encontrados foram “solos” e “solo florestal” respectivamente. Tendo sido estes, os valores pesquisados na base de dados Scopus, esse trabalho pode corroborar com a hipótese que esses são os termos de busca mais eficazes para a área de *biochar* em solos com espécies florestais. Já para os autores em seus textos para publicação, não só *biochar* é o termo mais utilizado, como também as suas aplicações e funções no solo, como “fertilizante” e “sequestrador de carbono”, temas mais específicos e mais utilizados em metanálise, outra ferramenta estatística de pesquisa imparcial. Ainda existem inúmeros dados a serem levantados em campo, laboratório e base de dados, mas os resultados encontrados foram sólidos e robustos para a geração de argumentos científicos na área.

Figura 3: Palavras-chave mais utilizadas pelos periódicos em publicações



Conclusões

A realização de uma revisão utilizando ferramentas bibliométricas permitiu concluir que apesar do uso do *biochar* em solos com espécies florestais ser uma linha de pesquisa bem recente, ela vem evoluindo rapidamente nos últimos 20 anos, principalmente devido ao esforço e descobertas de centenas de profissionais que se dedicaram a investir na área. Para tornar esses esforços mais disseminados foi-se utilizado principalmente o uso de artigos em inglês publicados em 104 periódicos físicos e digitais ao redor do mundo.

A China foi o país com maior número de publicações, mas os Estados Unidos foi o país com maior relevância, se essa variável for medida em termos de quantidade de citações. Os três autores com maior número de citações foram responsáveis pelo trabalho de maior relevância na área, que definiu a nomenclatura do *biochar*. Esse termo também foi a palavra-chave mais utilizada pelos autores, enquanto em periódicos o termo mais utilizado nas publicações foi “*Soil*”, tendo como destaque também as palavras “*forest soil*” e “*black carbon*”.

Referências Bibliográficas

- FERNANDES, A.M.; BRUCHÊZ, A.; D'ÁVILA, A.A.F.; metodologia de pesquisa de dissertações sobre inovações: análise bibliométrica. **Desafio Online**, v.6, n.1, Campo Grande, 2018.
- GÓMEZ-LUNA, B. E.; RIVERA-MOSQUEDA, M. C.; DENDOOVEN, L.; VÁZQUEZ-MARRUFO, G.; OLALDE-PORTUGAL, V. Charcoal production at kiln sites affects C and N dynamics and associated soil microorganisms in *Quercus* spp. Temperate forests of central Mexico. **Applied Soil Ecology**, v. 41, p. 50-58, 2009.
- LACERDA, A.E.B.; KELLERMANN, B.; Bambus nativos como espécies invasoras no sul do Brasil. In: **Bambus no Brasil: da biologia à tecnologia**. P. 179-196, Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, 2017.
- LEHMANN J., GAUNT J., RONDON M. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – A review. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**. N° 11, p. 403–427, 2006.
- LEHMANN, J.; JOSEPH, S. **Biochar for environmental management: science and technology**. Routledge: London, 2012.
- MAIA, C.M.B.F.; GUIOTOKU, M.; PEIXOTO, R.T.G.; VARGAS, L.M.P.; Biochar e o eucalipto In: **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília – DF, 2021.
- NASSI-CALÒ, L. Estudo aponta que artigos publicados em inglês atraem mais citações [online]. SciELO em Perspectiva, 2016. Disponível em: <<https://blog.scielo.org/blog/2016/11/04/estudo-aponta-que-artigos-publicados-em-ingles-atraem-mais-citacoes/>>. Acesso em: 05 de maio de 2022.
- SILVA, M.R.; HAYASHI, C.R.M.; HAYASHI, M.C.P.I.; Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. **InCID: R. Ci. Inf. e Doc**. Ribeirão Preto, v.2, p. 110-129, 2011.
- SCHMIDT, H. P.; 55 Uses of Biochar. **Ithaka Journal**, v.1/ 2012: p. 286–289, 2012.
- ZHOU, G.; ZHOU, X.; ZHANG, T.; DU, Z.; HE, Y.; WANG, X.; SHAO, J.; CAO, Y.; XUE, S.; WANG, H.; XU, C. Biochar increased soil respiration in temperate forests but had no effects in subtropical forests. **Forest Ecology and Management**, v. 405, p. 339-349, 2017.