

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO NORTE

WENDY MATTOS ANDRADE TEIXEIRA DE SOUZA

**EXPLORANDO O POTENCIAL DO BIOCHAR NA PRODUÇÃO DE MUDAS PARA
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E SEU IMPACTO NO SEQUESTRO
DE CARBONO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

NATAL

2023

WENDY MATTOS ANDRADE TEIXEIRA DE SOUZA

**EXPLORANDO O POTENCIAL DO BIOCHAR NA PRODUÇÃO DE MUDAS PARA
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E SEU IMPACTO NO SEQUESTRO
DE CARBONO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão do Curso (artigo científico) apresentado ao Programa de Pós-graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do certificado de especialista em Gestão Ambiental.

Orientadora: Dra. Fabiola Gomes de Carvalho.

NATAL

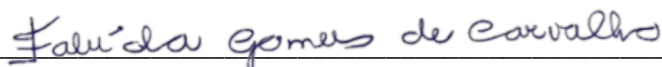
2023

WENDY MATTOS ANDRADE TEIXEIRA DE SOUZA

**EXPLORANDO O POTENCIAL DO BIOCHAR NA PRODUÇÃO DE MUDAS PARA
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E SEU IMPACTO NO SEQUESTRO
DE CARBONO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão do Curso (artigo científico) apresentado ao Programa de Pós-graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do certificado de especialista em Gestão Ambiental.

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em 08/06/2023 pela seguinte Banca Examinadora:



Fabiola Gomes de Carvalho, Dra. – Orientadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Luciana de Castro de Medeiros, Dra

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



Alexandre Santos Pimenta, Dr

Universidade Federal do Rio Grande do Norte

EXPLORANDO O POTENCIAL DO BIOCHAR NA PRODUÇÃO DE MUDAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E SEU IMPACTO NO SEQUESTRO DE CARBONO: UMA REVISÃO DE LITERATURA

EXPLORING THE POTENTIAL OF BIOCHAR IN SEEDLING PRODUCTION FOR THE RESTORATION OF DEGRADED AREAS AND ITS IMPACT FOR CARBON SEQUESTRATION: A LITERATURE REVIEW

Wendy Mattos Andrade Teixeira de Souza*

Fabíola Gomes de Carvalho**

RESUMO

Esta revisão de literatura teve como objetivo analisar os trabalhos publicados sobre a técnica de produção de mudas com *biochar* e sua relação com o sequestro de carbono. Foram abordados os conceitos de *biochar*, seus benefícios para o solo e as plantas, bem como sua relação com o sequestro de carbono. A pesquisa foi realizada em bases de dados eletrônicas, incluindo plataforma Capes e SciELO, utilizando os termos "*biochar*", "produção de mudas" e "sequestro de carbono" em português e "*biochar*", "seedling production" e "carbon sequestration" em inglês. Foram selecionados cinco trabalhos que abordaram o uso de *biochar* na produção de mudas para recuperação de áreas degradadas e seu impacto no sequestro de carbono. A análise dos trabalhos mostrou que o uso de *biochar* pode ser uma estratégia promissora para aumentar o sequestro de carbono em florestas plantadas. Além disso, a combinação de *biochar* com outros materiais ou técnicas, como micro-organismos eficazes, pode potencializar os efeitos do *biochar* no aumento da produtividade das plantas e na retenção de carbono no solo. No entanto, existem desafios a serem superados, como a falta de conhecimento, questões de qualidade, logística e distribuição, e falta de incentivos financeiros. É crucial que as partes interessadas colaborem para superar esses desafios e aproveitar ao máximo o potencial do uso de *biochar* na produção de mudas para recuperação de áreas degradadas. A cooperação e o investimento em pesquisa e desenvolvimento são fundamentais para o sucesso da implementação do *biochar* no sequestro de carbono.

Palavras-chave: resíduos orgânicos; práticas sustentáveis; mitigação de impactos ambientais.

ABSTRACT

This literature review aimed to analyze published works on the technique of producing seedlings with *biochar* and its relation to carbon sequestration. The concepts of *biochar*, its benefits for soil and plants, as well as its relationship with carbon sequestration were addressed. The research was conducted on electronic databases, including the Capes and SciELO platforms, using the terms "*biochar*", "produção de mudas", and "sequestro de carbono" in Portuguese and "*biochar*", "seedling production", and "carbon sequestration" in English. Five studies that addressed the use of *biochar* in seedling production for the restoration of degraded areas and its impact on carbon sequestration were selected. The analysis of the studies showed that the use of *biochar* can be a promising strategy to increase carbon sequestration in planted forests.

* Aluno(a) do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

** Professora Doutora do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte.

Additionally, the combination of biochar with other materials or techniques, such as effective microorganisms, can enhance the effects of biochar on plant productivity and carbon retention in soil. However, there are challenges to be overcome, such as lack of knowledge, quality issues, logistics and distribution, and lack of financial incentives. It is crucial that stakeholders collaborate to overcome these challenges and maximize the potential of using biochar in seedling production for the restoration of degraded areas. Cooperation and investment in research and development are fundamental to the success of implementing biochar in carbon sequestration.

Keywords: organic waste; sustainable practices; mitigation of environmental impacts.

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são transformações a longo prazo nos padrões de temperatura e clima causado pelo aumento de gases de efeito estufa na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO²) (ONU, s.d). Estes gases aumentam a temperatura da Terra ao impedir que o calor radiante seja liberado para o espaço. Ocasionalmente impactos significativos em todo o mundo, incluindo aumento do nível do mar, alterações nas patologias, intensificação dos eventos climáticos extremos, tais como secas, enchentes e furacões, e alterações na biodiversidade (MCMICHAEL et al., 2003; CAMPBELL-LENDRUN e CORVALÁN, 2007).

As mudanças climáticas são amplamente atribuídas às atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, a degradação florestal e a intensificação da agricultura. Portanto, é importante que as sociedades tomem medidas para mitigar suas consequências, incluindo a transição para fontes de energia renováveis, a proteção e restauração de florestas, e a implementação de práticas agrícolas mais sustentáveis (MMA, 2012).

O sequestro de carbono é uma estratégia importante para lidar com a mudança climática e mitigar suas consequências negativas (SMITH et al., 2008). O sequestro de carbono consiste em remover dióxido de carbono (CO²) da atmosfera e armazená-lo em fontes que possam retê-lo de forma segura e permanente (WRI BRASIL, 2018).

Em contrapartida, o elevado consumo de produtos agropecuários e o desmatamento de florestas são causas significativas para a degradação da vegetação, o que, por sua vez, leva à perda da biodiversidade e a mudanças climáticas em escala global. A redução da área original da floresta resulta na fragmentação de um ecossistema natural, destruindo habitats e causando perda de diversidade biológica (FOLEY et al., 2011; HANSEN et al., 2013). Diante disso, é fundamental que sejam realizadas pesquisas que possam apoiar os processos de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, para garantir a conservação das espécies (LIMA et al., 2016). No entanto, a falta de informações sobre espécies resistentes para recuperação de vegetação e metodologias para produção de mudas tornam este processo um desafio (REIS et al., 2015).

O uso de espécies nativas em projetos de reflorestamento apresenta resultados mais eficazes, graças à sua resistência a adversidades ambientais (LIMA, 2022). A produção de mudas de espécies florestais de qualidade é uma atividade crítica no processo de recuperação de áreas degradadas, pois oferece maiores chances de sucesso no plantio em campo, com baixas taxas de mortalidade (LUSTOSA FILHO et al., 2015).

O uso de *biochar*, que é um material de carvão produzido a partir de resíduos vegetais, pode ser uma estratégia eficaz para o sequestro de carbono. Ao adicionar *biochar* ao solo, é possível melhorar sua fertilidade, aumentar a retenção de água e reduzir as emissões de gases de efeito estufa (BARROS et al., 2019). O *biochar* tem sido amplamente estudado como uma possível ferramenta para melhorar a gestão de resíduos e promover a sustentabilidade, com destaque para seus efeitos nos atributos edáficos (VENDRUSCOLO et al., 2018). Isso ocorre porque o uso do *biochar* no solo pode melhorar diversas características do solo, como a

capacidade de retenção de água, a fertilidade e a disponibilidade de nutrientes, além disso, o *biochar* pode aumentar a atividade biológica do solo, o que também contribui para a recuperação de áreas degradadas (MARCELINO et al., 2020). Dessa forma, há uma forte relação entre as características do *biochar* e seus efeitos nos atributos edáficos, que são essenciais para a recuperação de áreas degradadas.

Outro aspecto importante é que, o *biochar* pode ser uma alternativa sustentável para a gestão de resíduos, uma vez que pode ser produzido a partir de materiais que seriam descartados, como resíduos agrícolas e florestais, e ainda gerar energia renovável durante o processo de produção (MARQUES et al., 2022).

Com base na revisão de literatura realizada, o presente trabalho contribui para o avanço do conhecimento na área de recuperação de áreas degradadas, especialmente no que se refere ao uso de *biochar* na produção de mudas. Além disso, a pesquisa traz uma importante contribuição no contexto do sequestro de carbono, demonstrando que o uso de *biochar* pode ser uma estratégia eficaz para mitigar as emissões de gases de efeito estufa e contribuir para a redução das mudanças climáticas (ARIAS, 2022; SIQUEIRA et al., 2022).

Ao enfatizar os desafios e oportunidades envolvidos na implementação do uso de *biochar* na recuperação de áreas degradadas, o trabalho apresenta uma discussão crítica e reflexiva sobre as possibilidades de aplicação desta técnica. Além disso, ao destacar as perspectivas futuras para o uso do *biochar*, o estudo contribui para a identificação de novas áreas de pesquisa e inovação tecnológica, que possam viabilizar a utilização desta técnica em larga escala.

Deste modo, artigo tem como objetivo revisar a literatura sobre o uso do *biochar* na produção de mudas para recuperação de áreas degradadas, com ênfase no seu potencial para o sequestro de carbono. Serão discutidos os desafios e oportunidades envolvidos na sua implementação, bem como, as perspectivas futuras para o uso do *biochar* na recuperação de áreas degradadas.

2 METODOLOGIA

Nesta pesquisa, foi realizado um estudo exploratório por meio de uma revisão da literatura existente sobre o uso de *biochar* para a produção de mudas e o sequestro de carbono.

A pesquisa foi realizada no período de janeiro de 2023 a março de 2023, iniciando-se com uma análise prévia da literatura existente sobre o tema. Foram utilizadas as palavras-chave, em conjunto, "*biochar*", "produção de mudas" e "sequestro de carbono" em português e "*biochar*", "seedling production" e "carbon sequestration" em inglês. A busca de dados foi realizada por meio de bases de dados científicos relevantes, o periódico CAPES.

Os critérios de descarte adotados foram artigos publicados antes de 2018, artigos que não se referiam ao tema da pesquisa e aqueles que tratavam do uso do *biochar* para outras finalidades que não fossem a produção de mudas ou que não citasse o sequestro de carbono como vantagem.

Inicialmente, foram selecionados 17 artigos em ambos os portais de dados, sendo os 17 na CAPES, visto que, a SciELO não encontrou nenhum artigo com as 3 categorias de estudo. Esses estudos foram submetidos a um processo de triagem e selecionados em 3 fases:

A primeira fase consistiu na filtragem dos anos, selecionando os artigos nos anos acima de 2018. Dessa forma, foram selecionados 9 artigos, os quais seguiram para a segunda fase, e foram lidos na íntegra e excluídos os que não se referiam, a produção de mudas com *biochar* e o sequestro de carbono, em um único objetivo. Totalizando 5 (cinco) artigos.

Por fim, na terceira fase, os artigos selecionados na fase anterior foram analisados de forma detalhada e considerados os seguintes pontos: autor, ano, objetivo do estudo, metodologia aplicada e os resultados, esses dados foram acrescentados na revisão de literatura do trabalho.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1. *biochar*

O *biochar* é um material de carvão produzido a partir de resíduos agrícolas, como palha e cinzas, que são submetidos a altas temperaturas sem a presença de oxigênio. Este processo, conhecido como pirólise, resulta em um material estável e rico em carbono que pode ser adicionado ao solo como um adubo orgânico (BARROS et al., 2019; ZHANG et al., 2018).

O uso de *biochar* no solo pode trazer inúmeros benefícios, incluindo a melhoria da fertilidade do solo, aumento da retenção de água, redução da emissão de gases de efeito estufa, aumento da produção de mudas e melhoria da qualidade do solo (ARAÚJO et al., 2017). Além disso, o *biochar* é estável e pode ser armazenado por muitos anos, o que significa que o carbono sequestrado é mantido fora da atmosfera por um longo período (MOREIRA, 2015).

No entanto, é importante destacar que a produção de *biochar* deve ser realizada de forma sustentável, garantindo a segurança alimentar e evitando a degradação do solo e da biodiversidade. Além disso, é necessário avaliar cuidadosamente os impactos ambientais da produção de *biochar* antes de sua implementação em larga escala.

3.2. PRODUÇÃO DE MUDAS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

A produção de mudas é uma prática importante na recuperação de áreas degradadas, pois permite o plantio de novas espécies vegetais que ajudam a restaurar a biodiversidade e a funcionalidade do ecossistema (BRANCALION et al., 2010).

A prática deve ser feita de forma cuidadosa, garantindo a qualidade das sementes, a adequação do solo e do ambiente para o desenvolvimento das plantas e a proteção contra agentes bióticos e abióticos que possam prejudicar seu crescimento (LUSTOSA FILHO et al., 2015).

Além disso, é importante considerar a seleção de espécies adequadas para a recuperação da área degradada, levando em conta aspectos como a adaptação às condições locais, a capacidade de fixação de nutrientes e a contribuição para a restauração da biodiversidade (TAVARES et al., 2008).

A produção de mudas também pode ser feita através de técnicas de propagação vegetativa, como estacas e enxertos, que permitem a reprodução de espécies já estabelecidas na área (FRANZON et al., 2010).

Em resumo, o cultivo de mudas é uma prática fundamental para a recuperação de áreas degradadas, pois contribui para a restauração da biodiversidade e para a melhoria da qualidade ambiental da área.

3.3. O POTENCIAL DO *biochar* PARA O SEQUESTRO DE CARBONO

O uso de *biochar* tem sido amplamente reconhecido como uma estratégia para sequestrar carbono, ajudando a combater a mudança climática (ARIAS, 2022). Este substrato orgânico é produzido a partir de matérias orgânicas, como resíduos agrícolas e madeira, através do processo de pirólise, que preserva a maior parte do carbono na forma de *biochar*. Quando adicionado ao solo, o *biochar* pode melhorar sua fertilidade e retenção de umidade, além de sequestrar o carbono por longos períodos (BARROS et al., 2019).

Além disso, o uso de *biochar* pode levar a uma redução da necessidade de fertilizantes e água, o que pode resultar em uma menor emissão de gases de efeito estufa. Isso porque o resíduo pode melhorar a eficiência dos nutrientes no solo, ajudando as plantas a crescerem de maneira mais saudável e a absorverem mais carbono da atmosfera (LIMA et al., 2016).

No entanto, para que o *biochar* possa ser eficaz no sequestro de carbono, é importante considerar a qualidade do produto produzido e a forma como é usado (LEHMANN et al., 2006). É possível que o *biochar* perca alguns de seus nutrientes durante o processo de pirólise. Pois, é um processo de produção que envolve a queima a baixas temperaturas de materiais orgânicos

sem a presença de oxigênio, resultando em uma matéria carbonizada rica em carbono e com baixo teor de nutrientes (EBC, 2019). Porém, é importante destacar que o *biochar* ainda pode ser utilizado como um meio de armazenamento de carbono no solo, já que o carbono presente, é estável e difícil de ser decomposto (OLIVEIRA, 2021). Além disso, ainda há muito a ser aprendido sobre os efeitos a longo prazo do uso de *biochar* no solo, requerendo mais pesquisas e estudos antes de sua ampla implementação.

Dessa forma, o uso de *biochar* na produção de mudas para recuperação de áreas degradadas pode ser uma estratégia eficaz para o sequestro de carbono e para a promoção da recuperação da biodiversidade. No entanto, é importante considerar todos os fatores envolvidos na sua produção e uso, a fim de maximizar seu potencial positivo e minimizar quaisquer impactos negativos.

3.4. O BIOCHAR COMO SUBSTRATO DE MUDAS E SEQUESTRO DE CARBONO

Os estudos selecionados demonstraram que a utilização de *biochar* pode melhorar a qualidade das mudas e aumentar o sequestro de carbono no solo. Aung et al. (2018) realizaram um experimento para avaliar o efeito do *biochar* na qualidade das mudas de *Quercus serrata* e *Prunus sargentii* em um sistema de produção em recipientes. Os resultados mostraram que as mudas tratadas com *biochar* apresentaram aumento na altura, diâmetro do caule e biomassa, em comparação com as mudas cultivadas sem *biochar*. Esse efeito pode estar relacionado ao aumento da retenção de água e nutrientes no solo, proporcionado pelo material orgânico. Resultado este, similar ao encontrado por Meng et al. (2018), que também observou aumento na altura das mudas, entretanto, seu trabalho além do *biochar* envolveu o uso de microorganismos para a produção de *Zelkova serrata*.

O trabalho de Donald et al. (2022) busca avaliar a produção de mudas de *Eucalyptus amplifolia* e *Corymbia torelliana* com diferentes tratamentos, incluindo *biochar*, e observar o efeito na altura e biomassa das mudas. Já o trabalho de Robert e Braghiroli (2022) foca no desenvolvimento de um substrato à base de *biochar* e resíduos de mineração para a produção de mudas de *Picea mariana*. Enquanto o estudo de Donald et al. não encontrou um efeito significativo do *biochar* na altura ou biomassa das mudas, o estudo de Robert e Braghiroli mostrou um aumento na altura e biomassa das mudas tratadas com o substrato à base de *biochar*. Além disso, o trabalho de Robert e Braghiroli tem uma abordagem mais sustentável, utilizando resíduos de mineração para a produção do substrato, enquanto o trabalho de Donald et al. se concentra na melhoria genética das mudas para possíveis usos futuros.

O trabalho de Pan et al. (2020) teve como objetivo avaliar o efeito do *biochar* na produção de mudas de seringueira em uma plantação na região de Xishuangbanna, no sudoeste da China. Os autores realizaram um experimento em vasos para avaliar o crescimento das mudas em solo tratado com diferentes quantidades de *biochar*. Os resultados mostraram que as mudas cultivadas em solo tratado com *biochar* apresentaram maior altura, diâmetro do caule e biomassa em comparação com as mudas cultivadas em solo sem *biochar*. Além disso, o *biochar* aumentou a disponibilidade de nutrientes no solo, melhorando as condições de crescimento das mudas. Os autores concluíram que o uso de *biochar* pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a produção de mudas de seringueira em plantações na região de Xishuangbanna. Essa região tem uma grande importância econômica devido à produção de borracha, e o uso de *biochar* pode ajudar a melhorar a produtividade e a sustentabilidade ambiental das plantações

Quadro 1 – Relação de artigos que destacam o uso de *biochar* para a produção de mudas e o benefício para o sequestro de carbono

AUTOR	ANO	TÍTULO	PERIODICO	FONTE DE DADOS
AUNG et al	2018	<i>Biochar</i> effects on the seedling quality of <i>Quercus serrata</i> and <i>Prunus sargentii</i> in a containerized production system	Forest Science and Technology	CAPES
MENG et al	2018	Growth of <i>Zelkova serrata</i> seedlings in a containerised production system treated with effective microorganisms and <i>biochar</i> .	Journal of Tropical Forest Science	CAPES
DONALD et al	2022	<i>Eucalyptus Amplifolia</i> and <i>Corymbia Torelliana</i> in the Southeastern USA: Genetic Improvement and Potential Uses	Forests	CAPES
ROBERT E BRAGHIROLI	2022	Development of a <i>Biochar</i> -Based Substrate Added with Nitrogen from a Mining Effluent for the Production of <i>Picea mariana</i> Seedlings	Clean technologies	CAPES
PAN et al	2020	The potential for <i>biochar</i> application in rubber plantations in Xishuangbanna, Southwest China: a pot trial	Journal of Cleaner Production	CAPES

Fonte: Elaboração própria em 2023.

Dentre os trabalhos citados, três têm relação direta com o sequestro de carbono. Em resumo, os estudos de Aung et al. (2018), Meng et al. (2018) e Pan et al. (2020) indicam que o uso de *biochar* pode ser uma estratégia promissora para aumentar o sequestro de carbono em florestas plantadas. Além disso, a combinação de *biochar* com outros materiais ou técnicas, como micro-organismos eficazes, pode potencializar os efeitos do *biochar* no aumento da produtividade das plantas e na retenção de carbono no solo.

Os trabalhos de Donald et al. (2022) e Robert e Braghiroli (2022) não têm relação direta com o sequestro de carbono porque eles não tratam especificamente do uso de *biochar* como um método para capturar e armazenar o carbono da atmosfera. Embora o uso de *biochar* possa

ajudar no sequestro de carbono, esses trabalhos se concentram em outros aspectos da produção de mudas de árvores, como melhorias nos substratos de cultivo e na genética das plantas, respectivamente. Entretanto, mesmo não tendo relação direta, os autores citam em seu texto as vantagens do *biochar* para a mitigação das mudanças climáticas.

4 DESAFIOS E OPORTUNIDADES ENVOLVIDOS NA IMPLEMENTAÇÃO DO *biochar*

4.1 DESAFIOS ENVOLVIDOS

A implementação do uso de *biochar* para a produção de mudas apresenta tanto desafios quanto oportunidades. Alguns dos principais desafios incluem:

- Falta de conhecimento: Não apenas pelo número baixo de artigos, como também, demonstrado pelos autores, ainda há uma falta de compreensão sobre o potencial e os efeitos a longo prazo do uso de *biochar* no solo. É necessário realizar mais pesquisas e estudos para entender melhor como o *biochar* pode ser usado de maneira eficaz no sequestro de carbono.
- Produção de qualidade: A qualidade do *biochar* produzido é fundamental para que ele possa ser eficaz no sequestro de carbono (SOHI et al., 2010). É importante controlar os processos de produção para garantir a produção de *biochar* de boa qualidade.
- Logística e distribuição: O transporte e distribuição de grandes quantidades de *biochar* pode ser um desafio logístico, especialmente em áreas remotas. Além disso, pode ser difícil encontrar fontes de matérias orgânicas para produção de *biochar* (VIEIRA, 2019)
- Falta de incentivos financeiros: O uso de *biochar* pode ser caro, especialmente no início, e pode não ser viável para produtores que já enfrentam muitos desafios financeiros. É necessário criar incentivos financeiros para apoiar a implementação de *biochar* na produção de mudas.

4.2 OPORTUNIDADES ENVOLVIDAS E PERSPECTIVAS FUTURAS

Apesar dos desafios, a implementação de *biochar* na produção de mudas também apresenta muitas oportunidades, incluindo:

- Melhora da fertilidade do solo: O *biochar* pode ser utilizado para aumentar a capacidade de retenção de nutrientes e água do solo, o que pode melhorar a qualidade das mudas produzidas e aumentar as chances de sucesso do plantio (WANG & WANG, 2019)
- Redução de emissões de gases de efeito estufa: Além de sequestrar carbono, o uso de *biochar* pode levar a uma redução da necessidade de fertilizantes e água, resultando em uma menor emissão de gases de efeito estufa (LEHMANN e JOSEPH, 2012)
- Criação de empregos: A produção e uso de *biochar* pode gerar empregos em diferentes setores, incluindo a produção de mudas, a coleta de matérias-primas, a fabricação de *biochar*, ajudando a impulsionar a economia local (PINHEIRO, 2015).
- Aumento da resiliência climática: As mudas produzidas com o uso de *biochar* podem ser mais resistentes a condições adversas, como secas prolongadas, o que aumenta a resiliência da vegetação e dos ecossistemas a mudanças climáticas (PETTER & MADARI, 2012; TRAZZI et al., 2018).
- Investimento em pesquisa e desenvolvimento: É necessário um investimento continuado em pesquisa e desenvolvimento para entender os benefícios e desafios do uso do *biochar* na recuperação de áreas degradadas e aprimorar as técnicas de produção e uso.
- Colaboração entre setores: A colaboração entre governos, universidades, empresas e agricultores é fundamental para o sucesso da implementação do *biochar* na recuperação de áreas degradadas.

Em resumo, a implementação de *biochar* no solo, apresenta potencial para o sequestro de carbono e contribuir para a produção de mudas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, o uso de *biochar* na produção de mudas para recuperação de áreas degradadas pode ter um impacto importante no sequestro de carbono. No entanto, ainda existem muitos desafios a serem superados, incluindo falta de conhecimento, questões de qualidade, logística e distribuição, e falta de incentivos financeiros. Além disso, é importante considerar as vantagens, como melhoria da fertilidade do solo, redução de emissões de gases de efeito estufa, geração de empregos e aumento da resiliência climática.

Dos trabalhos revisados no presente estudo, 80% indicam que o uso de *biochar* pode ser uma estratégia promissora para aumentar o sequestro de carbono em florestas plantadas. Além disso, a combinação de *biochar* com outros materiais ou técnicas, como microrganismos eficazes, pode potencializar os efeitos do *biochar* sobretudo, no aumento da produtividade e retenção de carbono no solo.

A produção de mudas com *biochar* é uma técnica que pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, pois o seu uso pode contribuir para o sequestro de carbono no solo, uma vez que o carbono presente no *biochar* é estável e pode permanecer no solo por centenas ou até mesmo milhares de anos. Dessa forma, os trabalhos citados nesta revisão, mostram diferentes abordagens e aplicações da técnica de produção de mudas com *biochar* e sua relação com o sequestro de carbono. Vale destacar, que nenhum dos trabalhos apresenta desvantagens significativas para o uso do *biochar*.

Para o sucesso da implementação do *biochar* no sequestro de carbono, é crucial que as partes interessadas, incluindo agricultores, governos, universidades e empresas, colaborem e invistam em pesquisa e desenvolvimento. É recomendado o investimento em pesquisas sobre combinações de *biochar* com outros materiais ou técnicas, como micro-organismos eficazes, que possam potencializar os efeitos do *biochar* na produtividade das plantas e na retenção de carbono no solo. O trabalho apresenta uma visão ampla e atualizada sobre o tema, sendo de grande interesse para pesquisadores, agricultores e gestores públicos interessados em práticas agrícolas sustentáveis e na mitigação das mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. M. S.; GONÇALVES, E. O.; ALMEIDA, K. N. S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, v. 5, n. 1, p. 16-23, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/2318-7670.v05n01a03>. Acesso em: 8 set. 2022.
- ARIAS, C. M. **Biochar: relação com agroecologia, estado da pesquisa e matérias-primas promissoras**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2022.
- AUNG, T. T.; JANG, W. S.; HAN, S. H.; LEE, D. H. Biochar effects on the seedling quality of *Quercus serrata* and *Prunus sargentii* in a containerized production system. **Forest Science and Technology**, v. 14, n. 4, p. 157-163, 2018.
- BARROS, D. L.; REZENDE, F. A.; CAMPOS, A. T. Production of *Eucalyptus urograndis* plants cultivated with activated biochar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 2, p. 2–7, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i2a5649>. Acesso em: 9 fev. 2023.

BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000300010>. Acesso em: 09 fev. 2023.

CAMPBELL-LENDRUM, D.; CORVALÁN, C. Climate change and developing-country cities: implications for environmental health and equity. **Journal of Urban Health**, v. 84, n. 1, p. 109-117, 2007.

EBC. European Biochar Certificate – Guidelines or a Sustainable Production of Biochar. **European Biochar Foundation (EBC)**, Arbáz, Suíça, v. 8, 2019. Disponível em: <http://www.europeanbiochar.org/en/download>. Acesso em: 9 fev. 2023.

DONALD, G. M.; TANKSLEY JR, S. D.; LI, B.; SHEN, J.; JIANG, X.; WANG, S.; ZHAO, P. *Eucalyptus Amplifolia* and *Corymbia Torelliana* in the Southeastern USA: Genetic Improvement and Potential Uses. **Forests**, v. 13, n. 2, 170 p. 2022.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N. D.; O'CONNELL, C.; RAY, D. K.; WEST, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTRÖM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; TILMAN, D.; ZHANG, X.; ZEIKER, T. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337–342, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature10452>. Acesso em: 9 fev. 2023.

FRANZON, R. C.; CARPENEDO, S.; SILVA, J. C. S. **Produção de mudas: principais técnicas utilizadas na propagação de fruteiras**. Brasília: EMBRAPA Cerrados, 2010. 21 p.

HANSEN, M. C.; POTTER, C. S.; VOGELMANN, J. E.; STEHMAN, S. V.; EBLE, J. A.; WICKHAM, J. D.; CHINI, L.; COGHLAN, M.; ROY, D. P.; TOWNSHEND, J. R. G. High resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, v. 342, n. 6160, p. 850–853, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1244693>. Acesso em: 9 fev. 2023.

LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDON, M. **Biochar sequestration in terrestrial ecosystems - A review. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v.11, n.2, p.403–427, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11027-005-9006-5>. Acesso em: 3 fev. 2023.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for Environmental Management. *In*: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (org.). **Biochar for Environmental Management: science and technology**. London: Earthscan, 2012. p. 1–09.

LIMA, F. S. **Sistemas agroflorestais na produção agrícola sustentável**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2022.

LIMA, S. L.; MARIMON JUNIOR, B. H.; DA SILVA MELO-SANTOS, K.; REIS, S. M.; PETTER, F. A.; VILAR, C. C.; MARIMON, B. S. **Biochar no manejo de nitrogênio e fósforo para a produção de mudas de angico**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.51, n.2, p.120–131, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000200004>. Acesso em: 4 fev. 2023.

LUSTOSA FILHO, J. F.; NOBREGA, J. C. A.; NOBREGA, R. S. A.; DIAS, B. O.; AMARAL, F. H. C.; AMORIM, S. P. do N. Influence of organic substrates on growth and

nutrient contents of jatob (*Hymenaea stigonocarpa*). **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.26, p.2544–2552, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/ajar2015.9781>. Acesso em: 9 fev. 2023.

MARCELINO, I. P.; LOSS, A.; ANDRADE, M. A. N. Aspectos gerais do uso do biochar para sustentabilidade com ênfase aos atributos edáficos: a revisão. *Revista de Gestão e Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, n. especial, p. 301-319, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e0I2020301-319>. Acesso em: 2 maio. 2023.

MARQUES, C. A. .; SILVA, D. A. da .; APRESENTAÇÃO, M. de J. F. de .; NAKASHIMA, G. T. .; YAMAJI, F. M. . Biochar production with sugarcane straw (*Saccharum* sp.). **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e31211124675, 2022. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/24675>. Acesso em: 3 maio 2023.

MCMICHAEL, A. J. Global climate change and health: an old story writ large. *In*: MCMICHAEL, A. J., CAMPBELL-LENDRUM, D. H., CORVALÁN, C. F., EBI, K. L., GITHENKO, A., SCHERAGA, J. D. (Eds.). **Climate change and human health: risks and responses**. Geneva: WHO, 2003. p. 1-17.

MENG, L.; XU, Y.; CHEN, W.; DONG, R.; FENG, Y.; ZHANG, X.; WANG, Y.; WANG, Y. Effects of biochar and effective microorganisms (EM) on seedling growth and soil properties: a case study in *Zelkova serrata* Makino forest. **Forests**, v. 9, n. 7, 408 p, 2018.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Efeito Estufa e Aquecimento Global. **MMA - online**. Brasília, 2012. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/195-efeito-estufa-eaquecimento-global>. Acesso em: 4. fev. 2023.

MOREIRA, A. C. C. A. **Um estudo multidisciplinar sobre o monitoramento, a medição e a verificação do dióxido de carbono (MMV de CO₂) aplicado aos resultados do projeto piloto brasileiro de CO₂**. Rio de Janeiro, 2015. 277 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, A. V. **Estudo da produção e caracterização de Biochar oriundo da pirólise do resíduo de Maçã e suas aplicações**. Uberlândia, 2021. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.524>. Acesso em: 9 fev. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **O que são mudanças climáticas**. **Escritório das Nações Unidas no Brasil**, [S.D.]. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-sao-mudancas-climaticas>. Acesso em: 4 fev. 2023.

PAN, F.; JIANG, Y.; ZHANG, J.; YAN, X.; WANG, Y.; YANG, J.; LIU, Q. The potential for biochar application in rubber plantations in Xishuangbanna, Southwest China: a pot trial. **Journal of Cleaner Production**, v. 256, p. 120444, 2020.

PETTER, F. A.; MADARI, B. E. Biochar: Agronomic and environmental potential in Brazilian savannah soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 761-768, 2012.

PINHEIRO, A, S, F. **O Museu Paraense Emilio Goeldi e o uso dos resultados de pesquisa em produtos, processos & serviços: Bionegócios**. Universidade Federal do Amazonas/Museu Paraense Emilio Goeldi. Belém, PA. Brasil, 2015.

ROBERT, J.; BRAGHIROLI, F. L. Development of a Biochar-Based Substrate Added with Nitrogen from a Mining Effluent for the Production of *Picea mariana* Seedlings. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 24, n. 1, p. 57-68, 2022.

SIQUEIRA, E. S. **Uso de biochar na composição de substratos para produção de mudas de espécies florestais**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Macaíba, RN, 2022. 64 f.

SMITH, P.; FANG, C.; DAWSON, J.; MONCRIEFF, J. Impact of Global Warming on Soil Organic Carbon. **Advances in Agronomy**, v. 97, p.1-43, 2008.

SOHI, S. P.; KRULL, E.; LOPEZ-CAPPELLO, R.; BOL, R. **Biochar, climate change and soil: a review to guide future research**. **Camberra**: CSIRO Land and Water Science Report, 2009. 64 p.

TAVARES, S. D. L.; MELO, A. D. S.; DE ANDRADE, A. G.; ROSSI, C. Q.; CAPECHE, C. L.; BALIEIRO, F. D. C.; PIMENTA, T. S. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2008. 228p.

TRAZZI, P. A.; HIGA, A. R.; DIEKOW, J.; MANGRICH, A. S.; HIGA, R. C. V. Biocarvão: realidade e potencial de uso no meio florestal. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 875-887, 2018.

VENDRUSCOLO, E.; ALVES, M.; LEAL, A.; SOUZA, E.; SOUTO FILHO, S. Efeitos do biochar, culturas de cobertura e lodo de esgoto nos atributos físicos do solo / Effect of biochar, cover crops and sewage sludge on soil physical attributes. **Ciencia del Suelo**, v. 36, p. 1-10, 2018.

VIEIRA, L. S. **Análise da necessidade de alternativas energéticas para lugares de difícil acesso: São Sebastião da Boa Vista (Marajó), viabilidade e alternativas menos poluidoras**, Ananindeua: Itacaiúnas, 2019. 65p.

WANG, J.; WANG, S. Preparation, modification and environmental application of biochar: A review. **Journal of Cleaner Production**, v.227, p.1002–1022, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.282>. Acesso em: 16 mar. 2023.

WORLD RESOURCES INSTITUTE BRASIL. **6 maneiras de retirar gás carbônico da atmosfera**. [S.l.], 2018. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/6-maneiras-de-retirar-gas-carbonico-da-atmosfera>. Acesso em: 4 fev. 2023.

ZHANG, G; GUO, X.; ZHU, Y.; LIU, X.; HAN, Z.; SUN, K.; JI, L.; HE, Q.; HAN, L. The effects of different biochars on microbial quantity, microbial community shift, enzyme activity, and biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil. **Geoderma**, v. 328, p. 100–108, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.05.009>. Acesso em: 8 set. 2022.