



REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

PERSPECTIVAS ESTRATÉGICAS DOS CRÉDITOS DE CARBONO NA AGRICULTURA BRASILEIRA: ÊNFASE NO BIOCHAR

STRATEGIC PERSPECTIVES ON CARBON CREDITS IN BRAZILIAN AGRICULTURE: AN EMPHASIS ON BIOCHAR

DOI: 10.5281/zenodo.20187764



Murilo Garcia Borghini¹
Carlos Alessandro Chioderoli²
João Pedro Ishy Soares³

RESUMO

O avanço das mudanças climáticas e a intensificação das emissões antrópicas de gases de efeito estufa ampliaram a centralidade do mercado de carbono no debate contemporâneo sobre sustentabilidade, desenvolvimento e governança ambiental. No caso brasileiro, esse debate assume relevância particular em razão da dimensão territorial do país, da expressiva participação do setor agropecuário em sua economia e do potencial de adoção de práticas produtivas capazes de conciliar desempenho agrônomo e mitigação climática. Nesse contexto, este artigo analisa perspectivas estratégicas dos créditos de carbono na agricultura brasileira, com ênfase no biochar, considerando tanto o cenário regulatório inaugurado pela Lei nº 15.042/2024 quanto os mecanismos voluntários de certificação e comercialização. O estudo discute os fundamentos do mercado de carbono, diferencia os mercados regulado e voluntário, examina os principais sistemas de certificação aplicáveis ao biochar e analisa o potencial desse material como tecnologia de remoção durável de carbono e de melhoria da qualidade do solo. Argumenta-se que o biochar ocupa posição promissora na interface entre agricultura e mercado de carbono, especialmente por associar benefícios agrônômicos, estabilidade do carbono e possibilidade de geração de créditos de remoção. Conclui-se que o Brasil apresenta condições favoráveis para ampliar sua inserção nesse mercado, embora persistam desafios

1 Graduando em Engenharia Agrônoma (UFTM). E-mail: d202210460@uftm.edu.br

2 Doutor em Mecanização (UFTM). E-mail: carlos.chioderoli@uftm.edu.br

3 Graduando em Engenharia Agrônoma (UFTM). E-mail: d202210455@uftm.edu.br

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.4 n.5 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

institucionais, técnicos e econômicos relacionados à regulação, ao monitoramento, à validação de projetos e ao acesso de produtores rurais aos mecanismos de certificação.

Palavras-chave: créditos de carbono; agricultura brasileira; biochar; remoção de carbono; SBCE.

ABSTRACT

The intensification of climate change and the growing pressure to reduce greenhouse gas emissions have reinforced the relevance of carbon markets in contemporary debates on sustainability, development, and environmental governance. In Brazil, this discussion is particularly significant due to the country's territorial scale, the strategic role of agriculture in the national economy, and the potential adoption of production practices capable of combining agronomic performance with climate mitigation. In this context, this article analyses strategic perspectives on carbon credits in Brazilian agriculture, with emphasis on biochar, considering both the regulatory scenario established by Law No. 15,042/2024 and the voluntary mechanisms of certification and commercialization. The study discusses the foundations of the carbon market, distinguishes compliance and voluntary markets, examines the main certification systems applicable to biochar, and analyses the potential of this material as a durable carbon removal technology and as a soil improvement strategy. It is argued that biochar occupies a promising position at the interface between agriculture and carbon markets, particularly because it combines agronomic benefits, carbon stability, and the possibility of generating eligible carbon removal credits. The article concludes that Brazil has favorable conditions to expand its participation in this market, although important institutional, technical, and economic challenges remain, especially regarding regulation, monitoring, project validation, and farmers' access to certification mechanisms.

Keywords: Carbon credits; Brazilian agriculture; biochar; carbon removal; SBCE.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas consolidaram-se como uma das principais questões estruturantes do século XXI, mobilizando governos, empresas, organismos internacionais e instituições científicas em torno de estratégias capazes de reduzir emissões, ampliar a resiliência dos sistemas produtivos e estimular formas mais sustentáveis de desenvolvimento. O aumento da concentração atmosférica de gases de efeito estufa, especialmente dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, tem provocado impactos ambientais, econômicos e sociais cada vez mais evidentes, exigindo respostas articuladas em escala global e nacional. Nesse cenário, o mercado de carbono passou a ocupar posição de

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.4 n.5 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

destaque, não apenas como instrumento econômico, mas como mecanismo de governança climática orientado à indução de práticas de mitigação e remoção de carbono.

No caso brasileiro, a discussão assume contornos específicos. A agricultura desempenha papel central na economia nacional, ao mesmo tempo em que se encontra diretamente exposta aos efeitos das alterações climáticas e progressivamente inserida em agendas de sustentabilidade, rastreabilidade e descarbonização. Isso significa que o setor agrícola, historicamente associado à produção de alimentos, fibras e energia, passa também a ser analisado como espaço potencial de prestação de serviços ambientais, entre os quais se destaca a remoção ou o sequestro de carbono. Nesse contexto, determinadas tecnologias e práticas produtivas começam a ganhar relevância estratégica, sobretudo aquelas capazes de articular produtividade, conservação do solo e estabilidade de carbono.

Entre essas alternativas, o biochar merece atenção particular. Produzido a partir da pirólise de biomassa em condições limitadas de oxigênio, o biochar apresenta propriedades que ultrapassam sua função como condicionador do solo. Além de favorecer atributos físicos, químicos e biológicos do ambiente edáfico, ele pode atuar como reservatório relativamente estável de carbono, o que o torna objeto de interesse crescente para metodologias de certificação de remoções. Assim, o biochar passa a ser visto não apenas como insumo agrícola, mas como tecnologia com potencial de inserção em mercados de créditos de carbono de maior integridade. É nesse quadro que se insere este artigo. O objetivo é analisar as perspectivas estratégicas dos créditos de carbono na agricultura brasileira, com ênfase no biochar, articulando três dimensões centrais: os fundamentos do mercado de carbono, o novo contexto regulatório brasileiro e o potencial técnico e econômico do biochar como ferramenta de remoção de carbono e fortalecimento da sustentabilidade agrícola. Sustenta-se que o debate sobre biochar no Brasil não pode ser reduzido a uma discussão agronômica estrita, pois envolve também regulação, padronização metodológica, credibilidade de projetos, governança climática e disputas sobre o futuro do mercado de carbono no país.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.4 n.5 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





2. REFERENCIAL TEÓRICO E NORMATIVO SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E MERCADO DE CARBONO

O debate contemporâneo sobre créditos de carbono está diretamente vinculado ao agravamento das mudanças climáticas e à consolidação de marcos internacionais voltados à mitigação das emissões de gases de efeito estufa. O relatório-síntese do IPCC reforça que o aquecimento global já ultrapassou 1,1°C em relação ao período pré-industrial, evidenciando que os sistemas naturais e humanos se encontram submetidos a pressões crescentes e interdependentes (IPCC, 2023). Essa constatação fortalece a necessidade de combinar estratégias de redução de emissões com mecanismos de remoção de carbono, sobretudo em setores que apresentam potencial de contribuição climática e de inovação tecnológica.

Nesse âmbito, instrumentos internacionais como a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, o Protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris estabeleceram bases normativas e políticas para a cooperação entre países e para a criação de mecanismos econômicos associados à mitigação climática (UNFCCC, 1992; UNFCCC, 1998; UNFCCC, 2015). O Protocolo de Kyoto foi particularmente importante ao consolidar a lógica dos créditos de carbono no plano internacional, vinculando metas de redução de emissões a instrumentos de mercado. Posteriormente, o Acordo de Paris ampliou o horizonte da descarbonização e fortaleceu a importância de mecanismos nacionais e internacionais capazes de apoiar trajetórias de neutralidade e redução líquida de emissões.

Em termos conceituais, os créditos de carbono podem ser compreendidos como ativos ambientais que representam a redução ou remoção certificada de uma tonelada de dióxido de carbono equivalente da atmosfera.

Seu valor reside justamente na possibilidade de quantificar, verificar e comercializar resultados climáticos, transformando práticas sustentáveis em ativos negociáveis. Essa lógica está conectada à crescente institucionalização da neutralidade de carbono e ao fortalecimento de sistemas de monitoramento, relato e verificação, hoje cada vez mais exigidos por mercados, investidores e normativas de governança climática (ISO, 2023).





Contudo, o mercado de carbono não é homogêneo. De forma ampla, ele se organiza em duas modalidades principais: o mercado regulado e o mercado voluntário. O primeiro decorre de marcos legais que impõem limites ou obrigações de compensação a determinados setores ou agentes econômicos. O segundo opera a partir de iniciativas voluntárias de empresas, organizações e indivíduos interessados em compensar emissões, fortalecer estratégias ESG ou antecipar exigências futuras. Essa diferenciação é fundamental para compreender as oportunidades e os limites da agricultura no campo dos créditos de carbono, especialmente no Brasil.

3. CRÉDITOS DE CARBONO E AGRICULTURA BRASILEIRA

A agricultura brasileira ocupa posição ambivalente no debate climático. Por um lado, é frequentemente associada a emissões decorrentes de mudança de uso da terra, fertilização nitrogenada, manejo de resíduos e atividade pecuária. Por outro, apresenta grande potencial de mitigação por meio de sistemas produtivos mais sustentáveis, recuperação de áreas degradadas, intensificação sustentável, integração lavoura-pecuária-floresta, plantio direto, agroflorestas e tecnologias de sequestro ou remoção de carbono. Essa dupla condição torna o setor agrícola um espaço decisivo para a construção de agendas de transição climática no país.

A criação do Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa, por meio da Lei nº 15.042/2024, representa um marco importante nesse processo. A norma institui as bases do mercado regulado de carbono no Brasil, organizando instrumentos, obrigações e estruturas de governança relacionadas à contabilização e ao comércio de emissões. Embora a produção agropecuária primária não esteja diretamente enquadrada entre os setores regulados nos moldes mais estritos do sistema, a lei redefine o ambiente institucional do carbono no país e amplia a relevância estratégica de projetos capazes de gerar reduções ou remoções certificadas (BRASIL, 2024).





REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

Além da lei, o processo de implementação do SBCE vem sendo complementado por atos normativos e institucionais posteriores, como a criação da Secretaria Extraordinária do Mercado de Carbono e do comitê técnico permanente, o que indica esforço crescente de consolidação da arquitetura regulatória nacional (BRASIL, 2025a; BRASIL, 2025b). Em paralelo, instrumentos como o Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária com vistas ao Desenvolvimento Sustentável (ABC+) reforçam a inserção da agricultura de baixa emissão de carbono na agenda pública, ao estabelecer diretrizes voltadas ao aumento da resiliência, à sustentabilidade do setor agropecuário e ao fortalecimento de mecanismos de monitoramento, reporte e verificação (MRV) (BRASIL, 2021).

Apesar desse avanço, o ingresso mais robusto da agricultura brasileira no mercado de carbono ainda enfrenta obstáculos. Um primeiro desafio refere-se à complexidade técnica dos projetos, que exigem linhas de base, rastreabilidade, auditoria e contabilização criteriosa do ciclo de vida. Um segundo obstáculo está relacionado ao custo de estruturação e certificação, frequentemente elevado para pequenos e médios produtores. Soma-se a isso a limitada familiaridade de parte significativa do setor rural com a linguagem, os instrumentos e os agentes desse mercado, o que restringe o acesso e reduz a capilaridade das oportunidades econômicas associadas aos créditos de carbono.

Nesse contexto, o mercado voluntário continua sendo, no curto prazo, a principal porta de entrada da agricultura para a comercialização de créditos. É justamente nesse ambiente que tecnologias como o biochar ganham maior espaço, pois se articulam com metodologias específicas de remoção, oferecem potencial de diferenciação ambiental e podem interessar a compradores corporativos em busca de créditos de maior permanência e integridade.





4. PRINCIPAIS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO E O LUGAR DO BIOCHAR

A credibilidade dos créditos de carbono depende diretamente de padrões metodológicos, procedimentos de verificação e sistemas de registro que assegurem rastreabilidade, transparência e integridade ambiental. No mercado voluntário, três referenciais assumem especial relevância para o tema do biochar: Verra, Gold Standard e Puro.earth.

A Verra, por meio do Verified Carbon Standard, constitui um dos sistemas mais difundidos no mercado voluntário internacional. Seu papel central está na definição de metodologias e requisitos para validação, monitoramento e verificação de projetos de redução ou remoção de emissões. Para o biochar, destaca-se a metodologia VM0044, voltada à utilização do material em aplicações no solo e fora dele. Essa metodologia busca estruturar critérios para mensuração do carbono estável, emissões do sistema, integridade ambiental e elegibilidade dos créditos, tornando-se referência importante para projetos que desejam acessar mercados voluntários com base robusta de MRV (Verra, 2025).

O Gold Standard, por sua vez, destaca-se por incorporar de maneira mais explícita a noção de co-benefícios socioambientais. Seu diferencial não reside apenas na quantificação do carbono, mas também na exigência de que os projetos demonstrem impactos positivos em dimensões alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Isso significa que, no caso agrícola, um projeto de biochar pode ganhar relevância adicional quando vinculado à geração de renda, ao fortalecimento da agricultura familiar, à melhoria da qualidade do solo ou à valorização de resíduos agroindustriais (Gold Standard, 2025).

Já a Puro.earth ocupa lugar particularmente estratégico para a discussão deste artigo. Diferentemente de padrões que operam com reduções e remoções de forma mais ampla, a Puro.earth se volta especificamente para remoções duráveis, emitindo certificados de remoção de CO₂ com base em metodologias próprias. O biochar é uma de suas áreas centrais de atuação, com requisitos específicos relacionados à origem da biomassa, ao processo de pirólise, à fração de carbono estável, às emissões do ciclo de vida e à





REVISTA OWL (OWL Journal)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

durabilidade do armazenamento de carbono. Por isso, a Puro.earth tornou-se uma das referências mais relevantes para projetos que pretendem posicionar o biochar como solução de remoção de carbono de alta integridade (Puro.earth, 2025).

Do ponto de vista analítico, a existência desses padrões mostra que o valor do crédito de carbono não decorre apenas da presença do carbono no sistema, mas da capacidade de demonstrar, com rigor metodológico, que a remoção é adicional, mensurável, verificável e suficientemente permanente. Isso é particularmente importante para o biochar, uma vez que seu potencial climático depende da qualidade do material, do tipo de biomassa, das condições de produção, da destinação final e do conjunto de emissões envolvidas no sistema produtivo.

Tabela 1 – Comparação entre padrões voluntários de carbono relevantes para biochar

Padrão	Escopo principal	Status do método para biochar	Durabilidade / permanência	MRV e Registro	Pontos-chave específicos para o biochar
Verra – VCS	Padrão voluntário multissetorial; emite VCU ¹	VM0044 (biochar)	A permanência do biochar é tratada dentro da VM0044 (contabilização em 100 anos); projetos AFOLU usam buffer pool ²	Validação/verificação por terceira parte; registro Verra (emissão/transfêrencia/aposentadoria)	Alto reconhecimento de mercado; documentação detalhada em toda a cadeia de valor do biochar
Gold Standard (GS4GG)	Padrão voluntário com forte foco em ODS/salvaguardas	Biochar abordado no escopo de remoções; “Sustainable Biochar” em desenvolvimento	As disposições de durabilidade dependem dos requisitos/método específicos de remoções engenheiradas	Forte transparência + consulta às partes interessadas; verificação por terceira parte; registro GS	Melhor adequação quando os co-benefícios dos ODS são centrais; atualmente menos usado para biochar do que padrões especializados em CDR
Puro.earth	Plataforma especializada em remoções duráveis de carbono; emite CORCs ³	O biochar é um método principal (Edição 2025)	Rótulo padrão de durabilidade do biochar CORC200+ (séculos), com base em modelagem atualizada de persistência	Auditorias por lote; Puro Registry (emissão/transferência/aposentadoria)	Amplamente adotado por fornecedores de CDR com biochar; regras claras específicas para biochar e demanda corporativa por remoções duráveis

Fonte: elaborado pelos autores





5. BIOCHAR COMO TECNOLOGIA DE REMOÇÃO DE CARBONO E MELHORIA DO SOLO

A literatura sobre biochar remete, em grande medida, ao interesse científico despertado pelas chamadas Terras Pretas Amazônicas. Estudos históricos e geoquímicos indicaram que esses solos antropogênicos, enriquecidos por carbono pirogênico e resíduos orgânicos, apresentavam elevada fertilidade e propriedades superiores às dos solos adjacentes, o que levou pesquisadores a investigar os mecanismos de formação e persistência desse carbono no ambiente edáfico (Smith, 1879; Hartt, 1885; Glaser e Woods, 2004; Glaser e Birk, 2012).

A partir desse horizonte, o biochar passou a ser compreendido como material carbonáceo produzido pela conversão termoquímica controlada de biomassa em ambiente com baixo teor de oxigênio. Sua composição e estabilidade variam conforme a matéria-prima e as condições de pirólise, como temperatura, tempo de residência e taxa de aquecimento. Em geral, materiais obtidos em temperaturas mais elevadas tendem a apresentar maior aromaticidade e maior estabilidade do carbono, aspecto frequentemente associado à relação molar H/Corg e à permanência do carbono no solo ao longo do tempo (Lehmann e Joseph, 2009; Novotny et al., 2009; Glaser, Lehmann e Zech, 2002).

No plano agrônomo, os efeitos do biochar são múltiplos. Em solos tropicais intemperizados, sua aplicação pode contribuir para o aumento da porosidade, retenção de água, capacidade de troca catiônica e estabilidade de agregados, além de favorecer a redução da acidez e a maior retenção de nutrientes. Sua estrutura porosa e heterogênea também pode criar microambientes propícios ao desenvolvimento de comunidades microbianas benéficas, influenciando positivamente processos biológicos do solo. Esses atributos tornam o biochar relevante não apenas para a mitigação climática, mas também para estratégias de melhoria da qualidade física, química e biológica do solo.

Estudos em condições brasileiras e tropicais apontam resultados promissores em diferentes contextos produtivos. Há evidências de melhoria na retenção de água em solos



arenosos tropicais, efeitos positivos sobre atributos de solos altamente intemperizados, respostas favoráveis em produtividade e impactos residuais que podem persistir por mais de um ciclo produtivo, embora os resultados variem em função do tipo de solo, dose aplicada, biomassa de origem e cultura avaliada (Fachini et al., 2021; Petter et al., 2018; Lustosa Carvalho et al., 2020; Lima et al., 2021; Santana e Dalto, 2024; Latawiec et al., 2023).

Essa variabilidade é analiticamente importante. O potencial do biochar não deve ser tratado de forma generalista ou uniforme, mas como função de contextos edafoclimáticos, parâmetros tecnológicos e objetivos de manejo. Em outras palavras, o biochar não é uma solução universal automática. Seu desempenho agrônômico e climático depende do desenho do projeto, da qualidade do material produzido e do rigor da avaliação de seus efeitos no solo e no balanço líquido de carbono.

Ainda assim, seu valor estratégico é evidente. Poucas tecnologias agrícolas reúnem, de maneira simultânea, potencial de remoção durável de carbono, aproveitamento de resíduos orgânicos, melhoria de atributos do solo e possibilidade de inserção em padrões internacionais de certificação. É justamente essa convergência que faz do biochar um tema central para a agricultura de baixo carbono no Brasil.

6. BIOCHAR E AS PERSPECTIVAS ESTRATÉGICAS DOS CRÉDITOS DE CARBONO NO BRASIL

A inserção do biochar no mercado de créditos de carbono deve ser compreendida como parte de um movimento mais amplo de valorização de soluções baseadas em remoção durável. Em um cenário no qual compradores corporativos passaram a diferenciar com maior clareza créditos de redução e créditos de remoção, tecnologias capazes de demonstrar permanência e integridade ambiental ganham destaque. O biochar se enquadra de forma promissora nesse espaço, sobretudo quando sua produção ocorre a partir de resíduos agroindustriais e quando sua aplicação no solo é acompanhada por procedimentos robustos de rastreabilidade e contabilização.





REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

No Brasil, esse potencial é reforçado por características estruturais do setor agropecuário. A ampla disponibilidade de biomassa residual, a diversidade de sistemas produtivos e a demanda por tecnologias de melhoria do solo criam condições favoráveis para o desenvolvimento de projetos de biochar em diferentes cadeias. Além disso, a articulação entre ganhos agronômicos e geração potencial de créditos pode tornar essa tecnologia economicamente mais atraente, sobretudo em contextos nos quais o incremento de produtividade, a redução de perdas e a melhoria da qualidade do solo se somem ao valor ambiental do carbono removido.

Entretanto, a consolidação dessa agenda dependerá de fatores adicionais. Será necessário avançar na padronização da qualidade do biochar, no fortalecimento de laboratórios e protocolos analíticos, no desenvolvimento de projetos-piloto em escala comercial e na capacitação técnica de produtores, consultores e agentes institucionais. Também será decisivo ampliar a articulação entre pesquisa científica, políticas públicas e iniciativas privadas, de modo a transformar o potencial teórico do biochar em prática validada, economicamente acessível e socialmente disseminável.

Outro ponto fundamental diz respeito à inclusão dos produtores rurais nesse processo. Se o mercado de carbono agrícola permanecer restrito a agentes altamente capitalizados e com amplo acesso a serviços especializados, seu potencial transformador será limitado. Por isso, discutir créditos de carbono na agricultura brasileira implica também discutir democratização do acesso à informação, assistência técnica, modelos cooperativos de certificação e mecanismos de redução de custo para pequenos e médios produtores.

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.4 n.5 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





REVISTA OWL (OWL Journal)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

Tabela 2 – Estudos selecionados sobre biochar em sistemas agrícolas brasileiros e tropicais.

Estudo/ano	Local / solo	Cultura / sistema	Principais efeitos no solo	Efeitos sobre produtividade / desempenho
Fachini et al. (2021) – Sustainability (MDPI)	Oxisol (Latossolo) em área agrícola, Brasil	Milho em rotação; biochar de lodo de esgoto	Aumento do pH do solo, do P disponível e da capacidade de troca catiônica (CTC); melhoria da fertilidade residual um ano após a aplicação	Maiores produtividades com 10–20 t ha ⁻¹ em comparação com NPK isolado; aumento de produtividade de grãos relatado de ~2 t ha ⁻¹ em relação ao controle com fertilizante mineral
Petter et al. (2018) – Ciênc. del Suelo	Oxisol sob condições de Cerrado (Brasil)	Solo cultivado (longo prazo); foco em propriedades biológicas	Aumento da atividade de urease e β-glucosidase, indicando maior atividade microbiana; doses intermediárias (4–8 t ha ⁻¹) maximizaram a atividade enzimática total	Estudo focado no solo (sem avaliação de produtividade); indica melhoria da qualidade biológica do solo relevante para a sustentabilidade do sistema
Carvalho et al. (2020) – Agriculture (MDPI)	Oxisol arenoso sob cana-de-açúcar, Brasil	Experimento em vaso com amostras de solo	Redução da densidade do solo; aumento da microporosidade e da água disponível às plantas; melhor resposta física em dose intermediária (~12,5 t ha ⁻¹)	Sem avaliação direta de produtividade; sugere melhoria da resiliência hídrica do solo e potencial redução do estresse por seca nas culturas
Lima et al. (2021) – Acta Agric. Scand. B	Acrisol no semiárido brasileiro	Feijão-comum em condições de sequeiro	Aumento do pH, do P disponível e da CTC; redução da acidez (H+Al); melhoria das condições químicas em solo ácido e de baixa fertilidade	Tratamentos com biochar — especialmente combinados com cama de aviário (ex., 10 t ha ⁻¹ + 5 t ha ⁻¹ de cama) — melhoraram a eficiência no uso da água e a produtividade do feijão em condições instáveis de chuva
Santana & Dalto (2024) – Braz. J. Animal and Environmental Research	Latossolo Amarelo distrófico (PI, Brasil)	Milho em campo (cv. 30F53), monitorado ao longo de 6 safras	Efeitos graduais e persistentes; doses mais altas mantiveram benefícios de produtividade ao longo das safras; menores diferenças sob seca severa (água como fator limitante)	Resposta positiva à dose: doses mais altas de biochar levaram a maiores rendimentos em safras com chuva adequada; benefícios ainda observados até a sexta safra (longo prazo)
Latawiec et al. (2023) – IIS-Rio (relatório técnico)	Pastagens degradadas no Brasil	Pastagem com leguminosa (amendoim forrageiro) + biochar	Biochar + leguminosas melhoraram parâmetros do solo (carbono orgânico, nutrientes) e a produtividade da forragem; redução da pressão sobre áreas de pastagens degradadas	Indica que o biochar combinado com forrageiras/plantas de alta qualidade pode sustentar a intensificação sustentável de pastagens tropicais

Fonte: elaborado pelos autores, com base em estudos relacionados com o biochar

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.4 n.5 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida neste artigo mostra que os créditos de carbono tendem a ocupar espaço cada vez mais relevante nas estratégias de sustentabilidade e governança climática aplicadas à agricultura brasileira. A criação do SBCE reorganiza o ambiente institucional do carbono no país e sinaliza um processo de maior densidade regulatória, ainda que a dinâmica agrícola permaneça, em grande medida, vinculada ao mercado voluntário no curto e médio prazo. Nesse contexto, o biochar emerge como uma alternativa particularmente promissora por reunir atributos agrônômicos e climáticos que o diferenciam de outras práticas.

Seu potencial estratégico decorre da conjugação de três fatores principais. O primeiro é sua capacidade de atuar como tecnologia de remoção relativamente durável de carbono, característica valorizada por padrões metodológicos mais recentes e por compradores em busca de créditos de maior integridade. O segundo é sua contribuição para a melhoria de atributos do solo, o que aproxima a agenda climática da agenda produtiva. O terceiro é a possibilidade de aproveitar resíduos orgânicos e agroindustriais, fortalecendo lógicas de economia circular e de inovação no meio rural.

Ao mesmo tempo, a expansão do biochar como ativo climático e agrônômico dependerá de bases científicas, regulatórias e econômicas sólidas. Não basta reconhecer seu potencial; é necessário construir condições concretas para que projetos sejam metodologicamente consistentes, auditáveis, financeiramente viáveis e acessíveis a diferentes perfis de produtores. Nesse sentido, o futuro dos créditos de carbono ligados ao biochar no Brasil dependerá tanto da evolução dos marcos normativos e dos sistemas de certificação quanto da capacidade de integrar pesquisa, mercado e política pública.

Em síntese, o biochar ocupa posição estratégica na interface entre agricultura sustentável e mercado de carbono. Sua relevância não está apenas em armazenar carbono no solo, mas em abrir uma agenda de transformação mais ampla, na qual a agricultura deixa de





ser observada exclusivamente como fonte de emissões e passa a ser reconhecida também como espaço de inovação climática, regeneração do solo e geração de valor ambiental.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo. Brasília: MAPA, 2021. Disponível em:

<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/publicacoes/abc-portugues.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2026.

BRASIL. Lei nº 15.042, de 11 de dezembro de 2024. Institui o Sistema Brasileiro de Comércio de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SBCE) e altera outras leis. Brasília, DF: Presidência da República, 2024. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/L15042.htm. Acesso em: 19 fev. 2026.

BRASIL. Decreto nº 12.677, de 15 de outubro de 2025. Cria a Secretaria Extraordinária do Mercado de Carbono (SEMC) e regulamenta dispositivos da Lei nº 15.042/2024. Brasília, DF: Presidência da República, 2025a. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2025/decreto/D12677.htm. Acesso em: 19 fev. 2026.

BRASIL. Decreto nº 12.768, de 5 de dezembro de 2025. Dispõe sobre o Comitê Técnico Consultivo Permanente (CTCP) do SBCE. Brasília, DF: Presidência da República, 2025b.

Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2025/decreto-12768-5-dezembro-2025-798431-publicacaooriginal-177258-pe.html>. Acesso em: 19 fev. 2026.

BRASIL. Ministério da Fazenda. Roteiro para a Implementação do SBCE. Brasília, DF, [s. d.]. Disponível em: https://www.gov.br/fazenda/pt-br/composicao/orgaos/mercado-de-carbono/roadmap/2025_09-sbce-roadmap-pt-vf.pdf. Acesso em: 19 fev. 2026.

EBC. European Biochar Certificate—Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. Frick, Switzerland: Carbon Standards International, 2023. Version 10.3E. Disponível em:





https://www.european-biochar.org/media/doc/2/version_en_10_3.pdf. Acesso em: 19 fev. 2026.

EUROPEAN COMMISSION. EU Emissions Trading System (EU ETS). [S. l.], [s. d.]. Disponível em: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-markets/eu-emissions-trading-system-eu-ets_en. Acesso em: 19 fev. 2026.

FACHINI, J.; COSER, T. R.; ARAUJO, A. S. D.; VALE, A. T. D.; JINDO, K.; FIGUEIREDO, C. C. D. One year residual effect of sewage sludge biochar as a soil amendment for maize in a Brazilian Oxisol. *Sustainability*, v. 13, p. 2226, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13042226>.

GLASER, B.; BIRK, J. J. State of the scientific knowledge on properties and genesis of Anthropogenic Dark Earths in Central Amazonia (terra preta de Índio). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 82, p. 39-51, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2010.11.029>.

GLASER, B.; GUGGENBERGER, G.; ZECH, W. The “Terra Preta” phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, v. 88, p. 37-41, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001140000193>.

GLASER, B.; LEHMANN, J.; ZECH, W. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—A review. *Biology and Fertility of Soils*, v. 35, p. 219-230, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0466-4>.

GLASER, B.; WOODS, W. I. (ed.). *Amazonian Dark Earths: Explorations in Space and Time*. Berlin/Heidelberg: Springer, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-05683-7>.

GOLD STANDARD. Gold Standard for the Global Goals: Principles & Requirements. Geneva, Switzerland: Gold Standard, 2025. Version 2.1. Disponível em: https://globalgoals.goldstandard.org/standards/101_V2.1_TC_PAR_Principles-Requirements.pdf. Acesso em: 19 fev. 2026.

HARTT, C. F. Contribuições para a ethnologia do valle do Amazonas. *Archivos do Museu Nacional do Rio de Janeiro*, v. 6, p. 1-174, 1885.





REVISTA OWL (OWL Journal)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2023: Synthesis Report. Geneva, Switzerland: IPCC, 2023.

INTERNATIONAL BIOCHAR INITIATIVE (IBI). Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil (IBI Biochar Standards).

Canandaigua, NY: IBI, 2015. Version 2.1. Disponível em:

https://biochar-international.org/wp-content/uploads/2020/06/IBI_Biochar_Standards_V2.1_Final2.pdf. Acesso em: 19 fev. 2026.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). ISO 14068-1:2023 Climate Change Management—Carbon Neutrality. Geneva, Switzerland: ISO, 2023. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/43279.html>. Acesso em: 19 fev. 2026.

LATAWIEC, A. E.; RODRIGUES, A. F.; KORYS, K. A.; MENDES, M.; RANGEL, M.; CASTRO, A.; TEIXEIRA, W.; VALENTIM, J. F.; ARAUJO, E.; DE MORAES, L. F. D.; PACHECO, V.; MENDES, M. Biochar and forage peanut improve pastures: evidence from a field experiment in Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v. 353, p. 108534, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108534>.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (ed.). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. London: Earthscan, 2009.

LIMA, J. R. S.; GOES, M. C. C. D.; ANTONINO, A. C. D.; MEDEIROS, É. V. D.; DUDA, G. P.; LEITE, M. C. B. S.; SILVA, V. P. D.; SOUZA, B. L. L. D.; HAMMECKER, C. Biochar enhances Acrisol attributes and yield of bean in Brazilian tropical dry region. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*, v. 71, p. 674-682, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2021.1937691>.

LUSTOSA CARVALHO, M.; TUZZIN DE MORAES, M.; CERRI, C. E. P.; CHERUBIN, M. R. Biochar amendment enhances water retention in a tropical sandy soil. *Agriculture*, v. 10, p. 62, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10030062>.

NOVOTNY, E. H.; HAYES, M. H. B.; MADARI, B. E.; BONAGAMBA, T. J.; AZEVEDO, E. R.; SOUZA, A. A.; SONG, G.; NOGUEIRA, C. M.; MANGRICH, A. S. Lessons from the Terra Preta de Índios of the Amazon region for the utilisation of charcoal for soil

Revista OWL Journal, Campina Grande - PB, v.4 n.5 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista OWL Journal está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)





amendment. Journal of the Brazilian Chemical Society, v. 20, p. 1003-1010, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-50532009000600002>.

PETTER, F. A.; LEITE, L. F. C.; MACHADO, D. M.; LIMA, L. B.; PACHECO, L. P.; ARAUJO, A. S. F. Effect of biochar on enzymatic activity in a Brazilian Oxisol. *Ciencia del Suelo*, v. 36, p. 142-145, 2018. Disponível em: <https://www.suelos.org.ar/publicaciones/Vol%2036%2C%20No.%202/13%20-%20399%20-%20EFFECT%20OF%20BIOCHAR%20ON%20ENZYMATIC%20ACTIVITY%20IN%20A%20BRAZILIAN%20OXISOL.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2026.

PURO.EARTH. Puro Biochar Methodology. Helsinki, Finland: Puro.earth, 2025. Edition 2025, version 1.0. Disponível em: <https://7518557.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/7518557/Puro%20Biochar%20Methodology%20-%20Edition%202025%20-%20Approved%20Version%20-%20Pending%20Copy%20Edit.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2026.

SANTANA, D. M. D.; DALTO, P. H. Evaluation of corn productivity for six subsequent years after biochar application in a Yellow Oxisol in the Cerrado. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 7, e69285, 2024. DOI: <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-047>.

SMITH, H. H. *Brazil, the Amazons and the Coast*. New York: Charles Scribner's Sons, 1879.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Convention Text. New York: United Nations, 1992. Disponível em: https://unfccc.int/files/essential_background/background_publications_htmlpdf/application/pdf/conveng.pdf. Acesso em: 19 fev. 2026.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. New York: United Nations, 1998.





REVISTA OWL (*OWL Journal*)

www.revistaowl.com.br – ISSN: 2965-2634

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). Paris Agreement. New York: United Nations, 2015. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf. Acesso em: 19 fev. 2026.

VERRA. VM0044: Biochar Utilization in Soil and Non-Soil Applications. Washington, DC: Verra, 2025. Version 1.2. Disponível em: https://verra.org/wp-content/uploads/2025/06/VM44_v1.2_clean-1.pdf. Acesso em: 19 fev. 2026.

Recebido em: 15/04/2026

Aprovado em: 29/04/2026

Publicado em: 14/05/2026

Revista *OWL Journal*, Campina Grande - PB, v.4 n.5 (2026) - ISSN 2965-2634

A Revista *OWL Journal* está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição (CC BY)

