

O biocarvão (*biochar*, em inglês) é um produto sólido com elevada concentração de carbono, altamente estável e resistente à decomposição biológica. É obtido a partir da pirólise da biomassa, um processo termoquímico caracterizado pelo aquecimento da matéria-prima a altas temperaturas na ausência de oxigênio. Esse processo rompe moléculas da biomassa e reorganiza as ligações químicas para formar o biocarvão, como também outros compostos concentrados em carbono, por exemplo os bio-óleos e gases de síntese que podem ser reaproveitados para fins energéticos.

O biocarvão se diferencia do carvão vegetal principalmente devido à sua aplicação como corretivo de solos agrícolas capaz de aumentar a produtividade e reduzir a emissão de gases de efeito estufa (GEE) provenientes da biomassa que, de outra forma, se decomporia rapidamente (IPCC 2022).

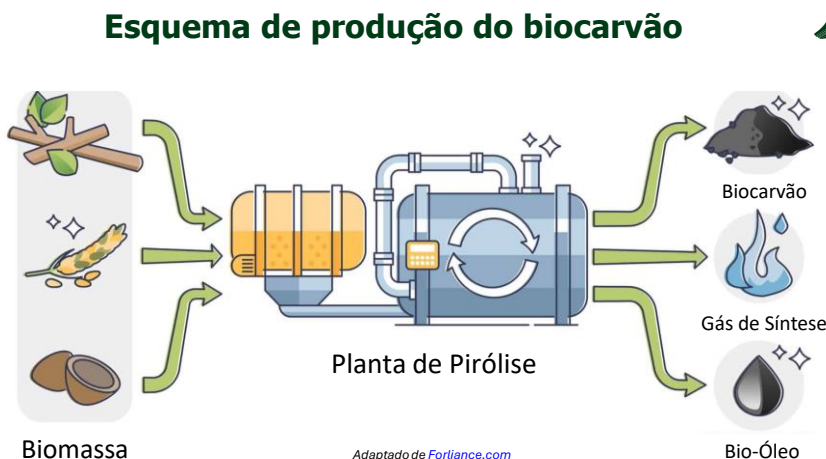


Tipos de biomassa/matéria-prima

Resíduos agrícolas e biossólidos em geral, como: cascas, folhas, palha, bagaço, cachos, cavaco, estrume, entre outros

Exemplos para o Brasil:

- Palhadas (cana, milho, cereais)
- Cascas (café, soja, coco, amendoim)
- Cachos (palma, macaúba, açaí)
- Resíduos florestais
- Outros resíduos lignocelulósicos



Fase sólida

Alto teor de carbono e grau de aromaticidade. Alta estabilidade e resistência a decomposição.

Fase gasosa

Composição de gases com valor energético, devido a presença de H_2 , CH_4 e CO .

Fase líquida

Mistura que contém diversos compostos orgânicos e água. Também conhecido por alcatrão.

Os produtos da pirólise (biocarvão, gás de síntese e bio-óleo) são extremamente heterogêneos, com estruturas complexas e composição química variada, o que dificulta sua padronização. Isso se deve ao fato de serem produzidos a partir de diferentes tipos de biomassa, cada uma com suas características físico-químicas específicas.

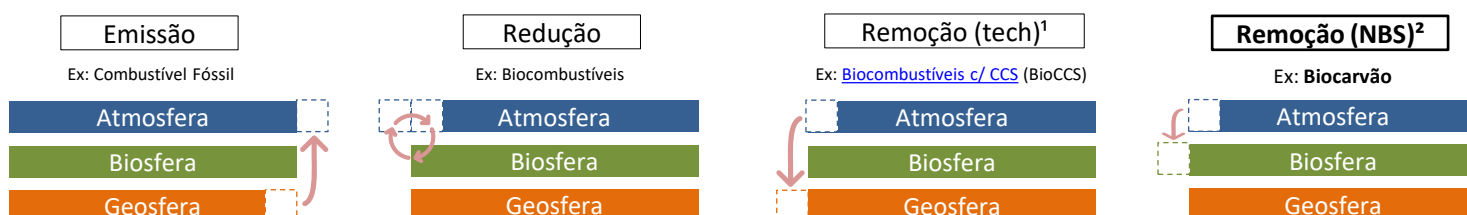
Biocarvão, uma alternativa reconhecida de remoção de carbono

O fluxo de carbono global pode ser caracterizado, de forma simples, em 3 principais atividades: emissão, que seria a liberação de carbono na atmosfera, principalmente através de atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis; redução, que envolve a diminuição das emissões de carbono na atmosfera por meio de práticas mais sustentáveis, como o uso de energia renovável; e remoção, que consiste em retirar carbono da atmosfera.

A comunidade científica internacional, representada pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima), já constatou que medidas de mitigação das mudanças climáticas focadas apenas na redução de emissões de GEE não serão suficientes para conter o aquecimento global a níveis seguros para a sociedade (aumento de até 1,5°C da temperatura média global), implicando assim na necessidade da adoção de práticas de remoção de carbono, capazes de retirar efetivamente carbono da atmosfera.

O biocarvão, além de ser uma opção de remoção de carbono reconhecida cientificamente, também é uma solução baseada na natureza (NBS – *nature based solution*) que pode proporcionar diversos benefícios ambientais, além do sequestro de carbono.

Representação dos fluxos de carbono entre atmosfera, biosfera e geosfera



Fonte: EPE, baseado em Smith et al. (2015) e The Economist (2019).

^{1,2}De acordo com o entendimento do parlamento europeu, as tecnologias de remoção de carbono podem ser divididas em 2 categorias: soluções tecnológicas (ex: BioCCS e DAC – Direct Air Capture) e soluções baseadas na natureza (ex: Biocarvão). Outros exemplos de soluções baseadas na natureza seriam reflorestamento e restauração de pântanos, por exemplo.

Biocarvão na agricultura e no combate às mudanças climáticas

Quando aplicado na agricultura, o biocarvão age como uma esponja de carbono que retém água e nutrientes, atuando como um condicionador de solo capaz de gerar ganhos de produtividade e redução no uso de fertilizantes.

Para o clima, além do biocarvão remover permanentemente carbono da atmosfera, ele pode gerar também redução das emissões de outros GEE do solo, principalmente o óxido nitroso [N_2O] e metano [CH_4] dos fertilizantes e da decomposição da matéria orgânica do solo. Uma vez que as emissões do setor agroindustrial são de difícil abatimento e representam mais de 30% das emissões globais (FAO 2022), o biocarvão se mostra como uma alternativa promissora para mitigação das mudanças climáticas.



Adaptado de: medium.com/o-que-e-biochar



A: Biomassa coletada e tratada para entrar no reator de pirólise

B: Biomassa carbonizada em estágio intermediário da pirólise

C: Imagem microscópica da biomassa carbonizada, com início da formação de poros

D: Imagem microscópica da estrutura física do biocarvão (biomassa completamente carbonizada), com sistema de poros bem desenvolvido

Adaptado de <https://stormwater.pca.state.mn.us>

O efeito “esponja” do biocarvão advém justamente da sua alta porosidade e diversidade de grupos funcionais, enriquecendo assim as propriedades físico-químicas do solo. Os poros têm a capacidade de incentivar a habitação de microrganismos que compõem a biota do solo e de aumentar a superfície de contato entre diferentes elementos no solo, resultando assim nos diversos benefícios descritos acima e na figura ao lado.

Vale ressaltar que esses benefícios são resultados esperados, e não garantidos. Para cada projeto - a depender do tipo do biocarvão, tipo de solo, clima local, entre outros - esses benefícios podem surgir em diferentes magnitudes e proporções. Nesse sentido, recomenda-se consultar um especialista para melhor estimar os potenciais ganhos agrônômicos. Além disso, o potencial do biocarvão em remover carbono da atmosfera está diretamente relacionado ao tempo de sua permanência no solo; logo, qualquer intervenção, intencional ou não, que cause a retirada do biocarvão aplicado no solo poderá eliminar tais ganhos.

CURIOSIDADE



Fonte: "More-than-sustainable" cultural forests of Amazonian pasts - :subsistence matters, extraído de: openendedsocialstudies.org

Uso histórico do biocarvão – Terra preta de Índio

O uso do biocarvão no solo remete a milhares de anos atrás, com evidências arqueológicas apontando seu uso na Amazônia brasileira.

Os horizontes escuros nas camadas superficiais do solo que compõem a *Terra Preta* foram provavelmente originados pela ação humana (indígena), através do acúmulo de resíduos orgânicos e uso do fogo na sua carbonização, o que se assemelha ao biocarvão. Sua aplicação no solo levou a um aumento significativo da fertilidade e quantidade de matéria orgânica acumulada, contrastando com os solos adjacentes não antropizados da bacia Amazônica.

Panorama da indústria do biocarvão

Enquanto as tecnologias de remoção de carbono estão em fase de desenvolvimento (ex: BioCCS, DAC), o biocarvão é responsável por cerca de 95% dos créditos dessa categoria.

• Biocarvão no Brasil:

Plantas industriais:

(em operação): Lajinha (MG)

(em construção): Brejetuba (ES) e Machado (MG)

*As 3 plantas juntas têm potencial para produzir cerca 12 mil tonBiocarvão/ano

*Empresa responsável: NetZero, em parceria com cooperativas agrícolas locais

Matéria-prima: resíduos agrícolas (casca de café)

-> Brasil tem potencial de se tornar líder na produção de biocarvão a partir de resíduos agrícolas, devido a sua alta disponibilidade.



• Biocarvão no mundo:

Empresas de biocarvão: 230

Projetos em operação: 93

Principal matéria-prima: cavaco de madeira

Continente com mais projetos: Europa

Volume CO_2 removido/ano: 770 mil ton CO_2

Maiores 5 plantas (55% da capacidade total):

Pacific Biochar/Pacific Biofuel Holdings

Exomad Green

Carbon C2

Dutch Carboneers

Avenger Energy

Cenário 2030: estimativa de ~2M ton CO_2 /ano removido com projetos anunciados de biocarvão

Fonte: [Allied-Offsets \(CDR report april 24\)](https://allied-offsets.com/cdr-report-april-24/)

Certificação e Créditos de Carbono

Hoje, já é possível gerar créditos de carbono via projetos de produção e uso do biocarvão na agricultura, criando assim uma segunda fonte de renda ao produtor.

De forma geral, para gerar crédito de carbono com biocarvão é necessário garantir:

- (a) origem sustentável da matéria-prima
- (b) produção [pirólise] controlada com reaproveitamento dos gases de síntese
- (c) Remoção permanente do carbono (ex: aplicação no solo - agricultura)

A geração de créditos de carbono envolve as seguintes etapas: Desenvolvimento do projeto, registro, medição, monitoramento, reporte e verificação.

- Principais padrões globais com metodologia desenvolvida para certificação de projetos de remoção de carbono com biocarvão:

Link nas imagens:



reverse

ISOMETRIC



COVALENT

puro.
earth

Através de uma parceria da Puro.Earth com a Nasdaq (bolsa de valores americana), criou-se um índice de preço para os certificados de remoção de carbono via biocarvão, chamado "CORCCHAR". O gráfico ao lado mostra o histórico dos preços do índice "CORCCHAR" que oscilam na faixa de aproximadamente 600 a 1.000 R\$/ton de CO₂ removido.

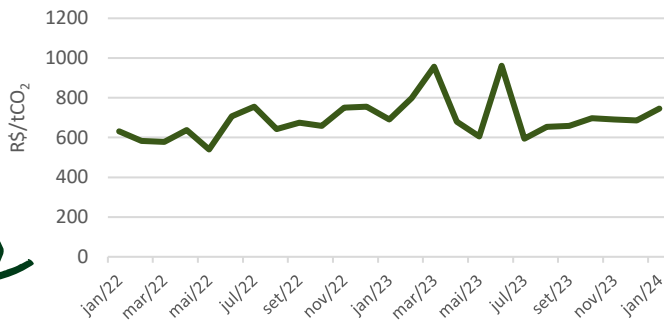


Link nas imagens:

puro.
earth

Carbonfuture

CORCCHAR



Adaptado de: Puro.earth Carbon Removal Platform | Nasdaq - conversão: EUR = R\$ 5,40

É possível identificar que, devido à capacidade do biocarvão em remover carbono da atmosfera de forma permanente e gerar diversos outros benefícios ambientais (conforme mencionados anteriormente), o preço dos créditos de remoção de carbono pela produção e uso do biocarvão estão relativamente acima das demais categorias. Vale ressaltar que o valor do crédito tende a variar de acordo com as características individuais de cada projeto.

Estima-se que o custo de produção e uso do biocarvão varia entre R\$ 450-600/tCO₂ removido (EPRS 2021). Adotando essa faixa de investimento como premissa, o valor do crédito de carbono de biocarvão observado hoje no mercado (tabela ao lado - intervalo de 600 a 1000 R\$/tCO₂) está em um patamar com potencial para proporcionar a viabilidade financeira de um projeto, além dos possíveis ganhos adicionais de produtividade agrícola e redução das emissões de GEEs*.

*A atratividade financeira de um projeto deve ser analisada caso a caso, de acordo com as suas características locais e considerando todos os custos diretos e indiretos.

Preço dos créditos por categoria

	R\$/tCO ₂
Biocarvão	600 - 1000
Agricultura	84,1
Silvicultura	30,1
Resíduos	22,1
Eficiência Energética	18,7
Químicos	16,4
Transportes	15,3
Energia Renovável	13,4

Adaptado de: AlliedOffstes e Eco-Engineers - carbon markets snapshot - conversão USD = R\$ 4,95

Intensidade de Carbono dos Biocombustíveis

A avaliação de ciclo de vida (ACV) amplamente utilizada em programas de incentivo a fontes renováveis no setor de transportes, permite estimar a redução na intensidade de carbono (IC) dos biocombustíveis que utilizam o biocarvão na fase agrícola do seu processo produtivo.

Utilizando o etanol de cana-de-açúcar como exemplo, o uso do biocarvão no preparo do solo durante o plantio tem potencial de reduzir em torno de 2 gCO₂/MJ de etanol por ano, a cada tonelada de biocarvão aplicada por hectare*. Esse potencial refere-se apenas ao CO₂ removido no biocarvão, sem contabilizar possíveis ganhos adicionais de produtividade e redução das emissões de N₂O e CH₄ do solo.

*Simulação baseada em valores médios de literatura. 2 tonCO₂/tonBiocarvão; 80 tonCana/hectare; 85 litrosEtanol/tonCana; ciclo da cana de 6 anos; 21,3 MJ/LitroEtanol.

A diretiva europeia de energia renovável (EU-RED), por exemplo, já reconhece o biocarvão como uma opção de remoção de CO₂. A regra do programa amplia o limite de redução permitida da IC em até 20 gCO₂/MJ adicionais para os biocombustíveis que utilizarem biocarvão no seu processo produtivo (EU 2022/996).

Novos programas de descarbonização que se inspiram na EU-RED, como o CORSIA do setor de aviação, podem representar uma oportunidade para produtores de biocombustíveis aumentarem sua competitividade com o uso do biocarvão. A Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio) ainda não reconhece ações de remoção de carbono como ferramenta para redução da IC dos biocombustíveis, porém a agenda de melhoria contínua do programa poderá incorporar tais ações no futuro.