

Artigo

Biocarvão (Biochar) e Sequestro de Carbono

Rezende, E. I. P.; Angelo, L. C.; dos Santos, S. S.; Mangrich, A. S.*

Rev. Virtual Quim., 2011, 3 (5), 426-433. Data de publicação na Web: 17 de novembro de 2011

<http://www.uff.br/rvq>**Biochar & Carbon Sequestration**

Abstract: The traditional answer to the question of controlling the growth of global warming involves reducing emissions of greenhouse gases like CO₂. However, developed and developing countries have difficulty in adopting measures to reduce use of fossil fuels in the short or medium term. The world is currently exceeding the rate of greenhouse gas emissions. Consequently, it is urgently necessary to remove carbon dioxide from the atmosphere. Extensive research efforts in science and technology are underway to develop approaches to capture and sequester carbon. In this work we deal with the different processes proposed, but with great emphasis on the process of biochar production by pyrolysis of biomass which copies the methodology of *Terra Preta de Índios da Amazonia*.

Keywords: Carbon sequestration; Biochar; Indian black earth; Global warming.

Resumo

A resposta tradicional para a questão do controle do crescimento do aquecimento global envolve a redução das emissões de gases de efeito estufa como o CO₂. No entanto, os países desenvolvidos e os em desenvolvimento têm dificuldades em adotar medidas para reduzir o uso de combustíveis fósseis no curto ou no médio prazo. Atualmente a concentração de gás carbônico na atmosfera já ultrapassou o nível de segurança calculado. Por isso, é urgente a necessidade de remover dióxido de carbono da atmosfera. Esforços de pesquisa de ciência e tecnologia estão em andamento para desenvolver abordagens adequadas para a captura e sequestro de carbono. Neste trabalho apresentamos diferentes processos propostos para esse fim, porém daremos grande ênfase ao processo de produção de biocarvão por pirólise de biomassa, que copia a metodologia da *Terra Preta de Índios da Amazônia*.

Palavras-chave: Sequestro de carbono; Biochar; Terra preta de índios; Aquecimento global.



* Universidade Federal do Paraná, Departamento de Química, Centro Politécnico, 81531-980, Curitiba-PR, Brasil.

✉ mangrich@ufpr.br

DOI: [10.5935/1984-6835.20110046](https://doi.org/10.5935/1984-6835.20110046)

Biocarvão (Biochar) e Sequestro de Carbono

Edivaltrys I. P. Rezende, Lilian C. Angelo, Sailer S. dos Santos, Antonio S. Mangrich*

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Química, Centro Politécnico, 81531-980, Curitiba-PR, Brasil.

*mangrich@ufpr.br

Recebido em 9 de setembro de 2011. Aceito para publicação em 22 de outubro de 2011

1. Introdução
2. Estratégias para a diminuição do aquecimento global
3. As Terras Pretas de Índios da Amazônia
4. A produção de biocarvão (biochar)
5. Conclusões

1. Introdução

Apreensões com o aquecimento global

As apreensões com o aquecimento global começaram a ser relatadas pela comunidade científica internacional, com mais ênfase, por volta de 1988, devido à rapidez com que as condições do clima começaram a mudar. Segundo um cenário catastrófico do Painel Internacional de Mudanças Climáticas (IPCC), 350 ppm seria a concentração segura de CO₂ atmosférico, entretanto a concentração atual já está se aproximando dos 400 ppm.¹ A velocidade média anual de crescimento da massa de CO₂ na atmosfera foi de $3,2 \pm 0,1$ Gt/ano (Gt = 10⁹ toneladas) nos anos de 1990, e de $4,1 \pm 0,1$ Gt/ano de 2000 a 2005.² Os combustíveis fósseis, grandes causadores do aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, são a principal fonte primária global de fornecimento de energia, e provavelmente continue assim até o final do século. Representam mais de 85% de toda a energia comercial utilizada, o resto é composto de energia nuclear, energia hidroelétrica, e energia renovável (biocombustíveis, energia eólica, energia geotérmica e energia solar).³ O aquecimento global continua com tendência ascendente, enquanto as políticas para

diminuí-lo falharam. Os encontros de Copenhague em 2009 (COP 15) e de Cancun em 2010 (COP 16) mostraram-se incapazes de produzir um acordo internacional para após 2012, quando termina o período de compromisso acertado no Protocolo de Kyoto. Embora os países tenham concordado em limitar o aquecimento global a 2 °C acima do nível pré-industrial, os fatos indicam que as emissões de CO₂ continuam a crescer rapidamente, conforme citado acima. No ritmo atual, deve-se alcançar o nível de aumento de 2 °C até 2050.⁴ A redução de CO₂ na atmosfera é alternativa importante, continuando-se com o uso de combustíveis fósseis e de biocombustíveis, e pode ser obtida por: (i) aumento da eficiência energética dos combustíveis; (ii) uso de combustível de baixo teor de carbono e (iii); captura e sequestro de carbono.

2. Algumas estratégias para a diminuição do aquecimento global

Além das tentativas de contenção das emissões de CO₂ da indústria de cimento, dos combustíveis fósseis e de outras, vários processos para a diminuição do aquecimento global estão sendo propostos.

Fox e Chapman (2011),⁵ em artigo de revisão, analisaram a viabilidade técnica de diferentes processos como estratégias para a diminuição do aquecimento global. Foram consideradas viáveis as seguintes propostas em ordem decrescente de facilidade de implementação: (A) intensificação das práticas de florestamento/reflorestamento; (B) refletores solares espaciais (Figura 1-1); (C) formação de aerossóis na estratosfera (Figura 1-2); (D)

sequestro de carbono marinho por fertilização dos oceanos; (E) sequestro geológico por injeção de gás carbônico sob pressão em espaços subterrâneos (como minas e poços de petróleo desativados); (F) aumento da alcalinidade dos oceanos; (G) produção e dispersão nos solos de biocarvão (biochar); (H) gestão do albedo (Figura 1-3); (I) criação de algas em edifícios (Figura 2).

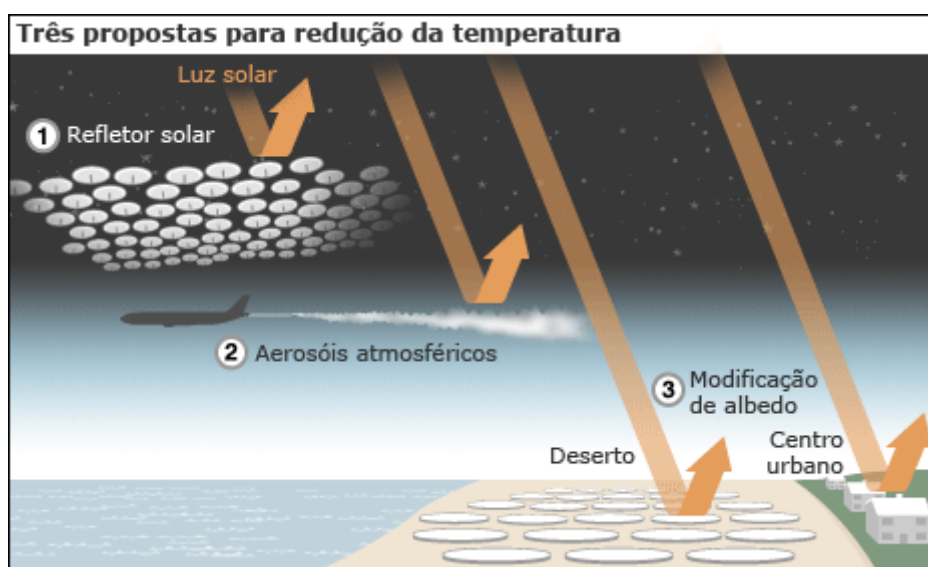


Figura 1. Três sugestões para a redução da temperatura na Terra: 1. Refletores solares, 2. Aerossóis atmosféricos, 3. Modificação do albedo, que é a relação entre a quantidade de luz refletida pela superfície terrestre e a quantidade de luz recebida do Sol.

(http://www.bbc.co.uk/portuguese/ciencia/2009/11/091130_engenharia_copenhague.shtml).

A Figura 2 mostra o projeto piloto de criação de algas em edifícios, vendo-se o foto-bioreator do Núcleo de Energia Auto-sustentável, do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Dentro da estrutura do edifício são vistos os tubos de plástico transparentes contendo as algas em crescimento suportadas em solução aquosa nutriente. São 3 km de tubos com diâmetro interno de 50 mm. O CO₂ consumido é retirado do ar atmosférico, que é injetado no sistema. Além de alimentar a solução nutriente com CO₂, a injeção de ar também atua para agitar a solução nutriente, provocando leve desequilíbrio na energia potencial do sistema, suficiente para promover a circulação do líquido por toda a tubulação.

Dentre os processos descritos acima, as proposições (B), (C), (D) e (F) são menos exequíveis porque necessitam de acordos internacionais, geralmente complicados, para viabilizar suas implementações. Assim, após os processos de florestamento/reflorestamento e sequestro

geológico, o processo de pirólise de biomassa e dispersão do biocarvão produzido no solo é o mais viável tecnicamente, segundo aqueles autores. O biocarvão obtido por pirólise de biomassa a temperaturas de 300 a 600 °C tem um maior potencial de mitigação das alterações climáticas como períodos de chuvas excessivas ou de secas. Esse material termicamente alterado se degrada muito mais lentamente, criando um grande estoque de carbono no solo de longo prazo. É cerca de 1500 a 2000 vezes mais estável do que a matéria orgânica não pirolisada, tendo assim tempos de residência no solo de várias centenas a milhares de anos. A presença de estruturas orgânicas internas semelhantes a do grafite contribui para que o biocarvão tenha sua recalcitrância mantida por um maior período de tempo, caracterizando um sistema de sequestro de carbono negativo mais eficiente. O biocarvão é resultado do trabalho de pesquisadores, no Brasil e no exterior, que estudaram a produção de um fertilizante orgânico condicionador de solo similar às *terras pretas de índios da Amazônia*.



Figura 2. Algas em edifício. Edifício experimental de criação de algas do Núcleo de Energia Auto-Sustentável, Departamento de Engenharia Mecânica - UFPR. (<http://npdeas.blogspot.com/>)

3. As Terras Pretas de Índios da Amazônia

Naturalistas e geólogos que viajaram pela Amazônia, a partir da década de 1870, observaram manchas profundas de solo escuro, muito fértil, diferentes do solo pobre existente em quase toda a região. O solo amazônico comum é em geral arenoso ou argiloso, tem poucos nutrientes e exibe apenas uma fina camada superficial de húmus produzida pela floresta.⁶ São solos altamente intemperizados (velhos), ácidos, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC), baixa fertilidade e, conseqüentemente, com baixo potencial de produção das culturas quando as florestas são eliminadas. A retirada da floresta leva a extinção da camada de húmus e a formação de verdadeiros desertos. A fertilidade do solo é o fator limitante para o desenvolvimento da agricultura sustentável na região.

As manchas de solo escuro, ao contrário, são ricas em carbono, contendo, em média, até cinco vezes o teor de carbono dos solos comuns vizinhos. Estão em geral associadas a antigas ocupações indígenas, identificadas por fragmentos de cerâmica, ossos e outros vestígios, por isso ganharam o nome de *terras pretas de índio da Amazônia* (Figura 3). Cientistas de diversos países estão estudando esses solos da

Amazônia devido à sua fertilidade e capacidade de sequestrar carbono.

A atividade humana no passado pré-colombiano resultou no acúmulo de resíduos vegetais e animais, assim como grandes quantidades de cinzas e carvões e de diversos elementos químicos, tais como: P, Mg, Zn, Cu, Ca, Sr e Ba, que representam a assinatura geoquímica da ocupação humana.⁷ O tema Terras Pretas de Índio tem despertado tamanho interesse na comunidade científica internacional que nos últimos anos diversos artigos e cartas da *Nature* e da *Science* foram dedicados ao assunto.⁸⁻¹⁸

Além disso, grupos de pesquisa vêm sendo criados para estudar esses solos e encontros científicos são realizados para debater o tema. Em 2006, por exemplo, a reunião anual da Associação Americana para o Avanço da Ciência (AAAS, na sigla em inglês), dedicou um simpósio a essa questão de título: *Amazonian Dark Earths: New Discoveries* (Terras Pretas da Amazônia: Novas Descobertas). Calcula-se que esses solos escuros ocupem 1% (63 mil km²) de toda a área de floresta na Amazônia, mas outras estimativas prevêm até 10%. As *terras pretas de índios* foram produzidas por povos pré-colombianos, embora não esteja claro se foi um processo intencional de melhoria do solo ou um subproduto das atividades agrícolas e de habitação desses povos.



Terra Preta de Índio



Solo da Região Amazônica

Figura 3. Contraste entre as terra pretas de índios e solos adjacentes da Região Amazônica⁷

4. A produção de biocarvão (biochar)

O entusiasmo em torno do tema “*terras pretas de índios*” levou à criação de uma associação mundial que é a Iniciativa Internacional do Biocarvão (IBI, sigla do nome em inglês). A IBI (<http://www.biochar-international.org/>) realiza congressos a cada dois anos. O último ocorreu no Rio de Janeiro, de 12 a 15 de setembro de 2010, com a presença de mais de 200 pesquisadores do tema, vindos de 30 países de todos os continentes. A industrialização de produtos de origem vegetal gera rejeitos que, de um lado podem ser aproveitados como insumos para a agricultura e de outro podem ser potenciais passivos ambientais. Uma alternativa é a produção de biocarvão para atuar no sequestro de carbono e como condicionador orgânico de solo. O bom biocarvão apresenta estrutura interna inerte, semelhante a grafite, que faz preservar (sequestrar) o carbono no solo por centenas e até milhares de anos, e estrutura periférica (externa) reativa (funcionalizada) para atuar como a matéria orgânica natural do ambiente. Dessas funções destacam-se, a promoção da estruturação do solo com ligações químicas entre o biocarvão e estruturas macromoleculares inorgânicas, evitando desmoronamentos de terrenos durante os períodos chuvosos, retendo água da chuva e de irrigação para

liberá-la durante períodos secos, retendo e liberando os íons H^+ e OH^- na ação de controle do pH do solo, e retendo íons metálicos nutrientes de plantas como Ca, Fe, Cu, ou tóxico para elas como, por exemplo, o Al (Figura 4). Desse modo, busca-se desenvolver um produto que solucione problemas ambientais e viabilize terras inférteis para a agricultura.

Estima-se que a quantidade ótima de biochar nos solos para agricultura varie entre 1 e 5%. Matovic² tomou como valor para o estudo que desenvolveu a média de 3% de biochar nos primeiros 30 cm de coluna do solo, o que leva a uma dosagem de 13,5 t/ha (1 ha = 10000 m²). Conforme poderá ser visto nos dados a seguir, o processo do biochar seria o mais adequado para o caso do Brasil na redução dos gases de efeito estufa. O carvão presente no solo foi gerado provavelmente por meio da queima de materiais orgânicos em condições especiais (com pouco oxigênio disponível). As altas concentrações de carbono no solo melhoram a absorção de água, facilitam a penetração de raízes e tornam as plantas mais resistentes. O tipo de carvão encontrado na *terra preta de índio* garante a longa retenção do carbono no solo, ao contrário do que deveria acontecer na região amazônica, em que a temperatura e a umidade são elevadas, condições nas quais a matéria orgânica tende a se degradar rapidamente, gerando gás carbônico.

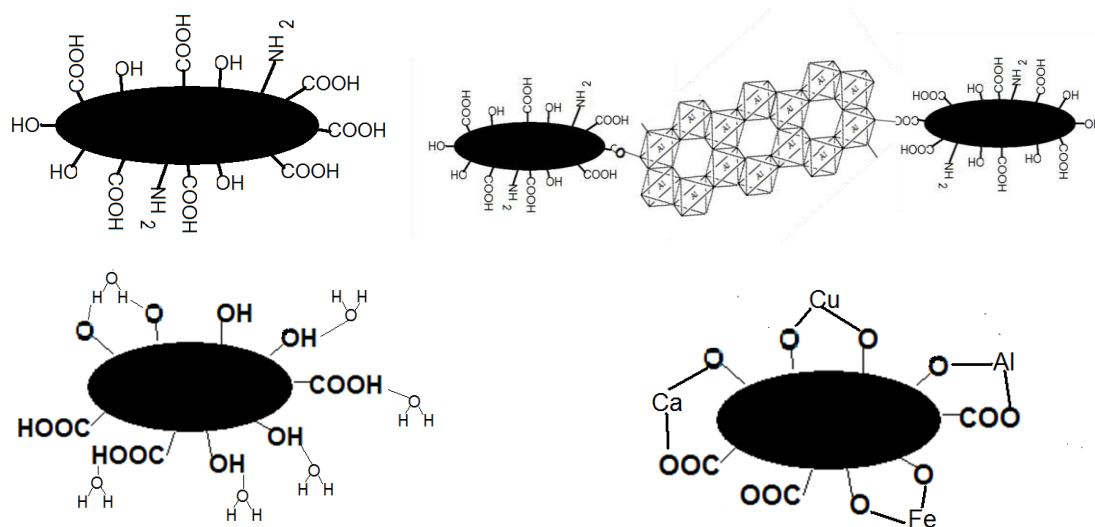


Figura 4. Esquemática do biocarvão com estrutura interna inerte e estrutura periférica funcionalizada (A); estruturando o solo (B); retendo água (C); coordenando íons metálicos nutrientes – ou tóxicos – para as plantas (D). Ver texto

Atualmente, dentro das atividades do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energia e Ambiente são feitos estudos de laboratório na produção do biocarvão (Figura 5). Os dados obtidos estão sendo passados para agricultores e para órgãos

governamentais como a Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) como prática de melhoria da fertilidade dos solos e de captura e sequestro de carbono (CCS) (Figura 6).

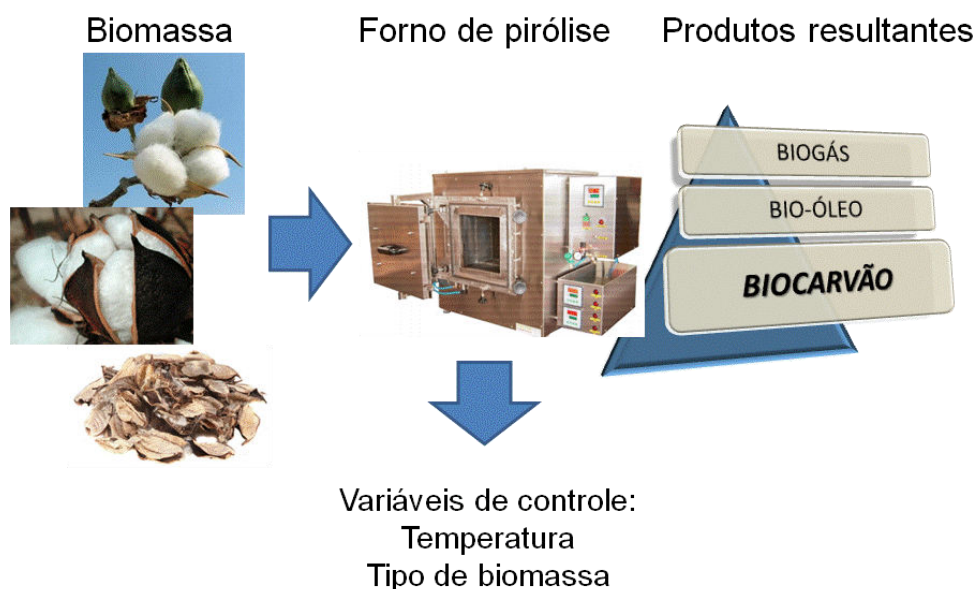


Figura 5. Esquema representativo para o estudo de produção de biocarvão, bio-óleo e biogás em laboratório, a partir de diferentes tipos de biomassa.¹⁹

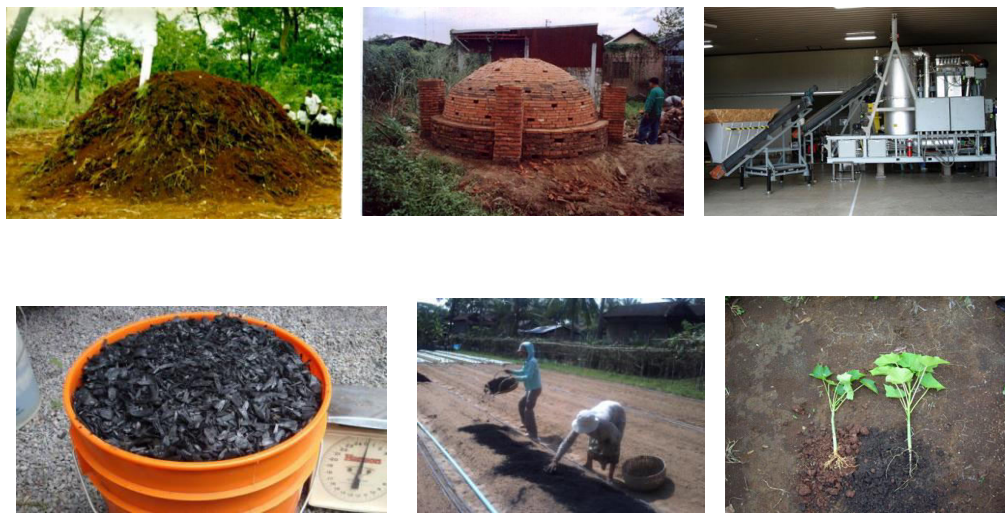


Figura 6. Produção industrial de biocarvão por pirólise (ausência de oxigênio) da biomassa (acima) e uso do biocarvão (abaixo).²⁰

5. Conclusão

As apreensões com o aquecimento global levam a comunidade científica a estudar maneiras adequadas para resolver este sério problema. O biocarvão não surge para competir com outras formas de resolver a séria questão em pauta, mas para ser aplicado aonde for o mais adequado. Conforme pode ser observado no trabalho de Fox e Chapman⁵ há diferentes processos como estratégias para a diminuição e estabilização da temperatura na atmosfera. É pensamento geral que cada país deva utilizar as tecnologias mais adequadas para o seu caso específico (ou seus casos específicos). Dos vários processos viáveis apresentados, conclui-se que os mais adequados para uso imediato no Brasil são as práticas de parar, ou diminuir drasticamente as práticas de desmatamento e praticar intensivamente o florestamento/reflorestamento, adotar a produção de biocarvão, por pirólise dos vários resíduos de biomassa que produzimos, inclusive do lixo das cidades, e dispersão nos solos. A criação de algas em edifícios promete ser uma tecnologia viável a longo prazo. As tecnologias mais exóticas como, formação de aerossóis na estratosfera, sequestro de carbono marinho por fertilização dos oceanos, aumento da alcalinidade dos oceanos, gestão do albedo e uso refletores solares espaciais são o que são, meras curiosidades no momento, umas em maior, outras em menor grau.

Temos quase que um compromisso moral com o desenvolvimento da tecnologia do biocarvão. É uma consequência da tecnologia usada por nossos ancestrais pré-colombianos.

“O biocarvão permite harmonizar a produção de energia e de alimentos com o aumento da fertilidade do solo e o sequestro de carbono. Essas características fazem dessa tecnologia uma das poucas hoje disponíveis com potencial para responder à convergência de questões com as quais o mundo se defronta nesse início de século: degradação dos solos, escassez de alimentos e fertilizantes, competição por biomassa e escalada das emissões de gases do efeito estufa. Talvez estejamos próximos de uma segunda revolução verde, baseada no aprimoramento de técnicas antigas, herdadas das populações pré-colombianas, que permitirão um reaproveitamento sem precedentes de resíduos e uma produção agrícola ‘tropicalizada’ e ambientalmente menos danosa”.⁶

Referências Bibliográficas

- 1 Hammond, J.; Shackley, S.; Sohi, S.; Brownsort, P. *Energ. Policy* **2011**, *39*, 2646. [[CrossRef](#)]
- 2 Matovic, D. *Energy* **2011**, *36*, 2011. [[CrossRef](#)]
- 3 Herzog, H. J. *Energ. Econ.* **2011**, *33*, 597. [[CrossRef](#)]
- 4 Nakicenovic, N., Nordhaus, W. *Energ. Econ.* **2011**, *33*, 565. [[CrossRef](#)]
- 5 Fox, T. A.; Chapman, L. *Meteorol. Appl.* **2011**, *18*, 1. [[CrossRef](#)]
- 6 Mangrich, A. S.; Maia, C. M. B. F.; Novotny, E. H. *Revista Ciência Hoje* **2011**, *47*, 48. [[Link](#)]
- 7 Novotny, E. H.; Hayes, M. H. B.; Madari, B. E.; Bonagamba, T. J.; de Azevedo, E. R.; de Souza, A. A.;

- Song, G.; Nogueira, C. M.; Mangrich, A. S. J. *Braz. Chem. Soc.* **2009**, *20*, 1003. [CrossRef]
- ⁸ Hayes, M. H. B. *Nature* **2006**, *443*, 144. [CrossRef]
- ⁹ Lehmann, J. *Nature* **2007**, *447*, 143. [CrossRef]
- ¹⁰ Mann, C. C. *Science* **2008**, *321*, 1151. [CrossRef]
- ¹¹ Schiermeier, Q. *Nature* **2006**, *442*, 620. [CrossRef]
- ¹² Marris, E. *Nature* **2006**, *442*, 624. [CrossRef]
- ¹³ Woods, W. I.; Falcão, N. P. S.; Teixeira, W. G. *Nature* **2006**, *443*, 144. [CrossRef]
- ¹⁴ Glaser, B.; Parr, M.; Braun, C.; Kopoló, G. *Nature Geosci.* **2008**, *2*, 2. [CrossRef]
- ¹⁵ Lehmann, J.; Sohi, S., *Science*, **2008**, *321*, 1295. [CrossRef]
- ¹⁶ Wardle, D. A.; Nilsson, M. C.; Zackrisson, O. *Science* **2008**, *320*, 629. [CrossRef]
- ¹⁷ Wardle, D. A.; Nilsson, M. C.; Zackrisson, O. *Science* **2008**, *321*, 1295. [CrossRef]
- ¹⁸ Rezende, E. I. P.; *A química inorgânica em fertilizantes de liberação lenta. Tópicos Especiais em Química II*, PPGQ/DQ/UFPR, 1^o Semestre de 2011.
- ¹⁹ Sítio da Iniciativa Internacional do Biocarvão. Disponível em: <<http://www.biochar-international.org/>>. Acesso em: 17 novembro 2011.