

EFEITO RESIDUAL DE ADUBOS FOSFATADOS E APLICAÇÃO BIOCARVÃO DE BAMBU EM LATOSSOLO AMARELO DISTRÓFICO TÍPICO DA AMAZÔNIA CENTRAL

Thiago do Prado SOTERO¹; Danielle Monteiro de OLIVEIRA²; Newton Paulo de Souza FALCÃO³

¹Bolsista PIBIC/CNPq; ²Mestranda ATU/INPA; ³Orientador COTI/INPA

1. Introdução

Na Amazônia ainda predomina o sistema de agricultura itinerante, a qual se baseia na prática de corte e queima de pequenas áreas da floresta primária, seguido do plantio de culturas alimentares (arroz, feijão, milho e mandioca), no máximo por três anos, seguindo do abandono da área por longos períodos para a regeneração natural da floresta secundária e assim restaurar a fertilidade do solo por meio da ciclagem de nutrientes. Uma das formas de diminuir substancialmente a dependência por insumos agrícolas de outros Estados seria desenvolver tecnologias agrícolas nessas áreas abandonadas tornando-a produtiva e inserindo ao sistema produtivo regional.

As manchas de terras pretas de índio existentes em toda a Amazônia representam importante registro da ocupação humana e do uso do solo por populações pré-colombianas (Sombroek 1966). Essas manchas caracterizam-se por apresentar elevados níveis de fertilidade, com altos teores de fósforo, cálcio, magnésio, zinco e carbono orgânico e estão associadas a uma grande e prolongada entrada de material orgânico fresco e carbonizado (carvão pirogênico) (Glaser *et al.* 2001; Lehmann *et al.* 2002, 2003b).

A persistência do carvão pirogênico por um longo período sob condições tropicais úmidas com altas taxas de mineralização se deve à estabilidade química causada por sua estrutura aromática, o que limita a ação dos microorganismos decompositores do solo (Schmidt *et al.* 1999; Trompowsky *et al.* 2005). Devido às características físicas, químicas e fisicoquímicas desse carvão pirogênico, também conhecido como biochar ou biocarvão) a aplicação deste material no solo pode contribuir para diminuir a perdas de nutrientes como N e K, contidos nos fertilizantes mais solúveis, aumentar a eficiência agrônômica e diminuir a fixação do fósforo proveniente das fontes mais concentradas, diminuir a acidez ativa (pH_(H2O)) e trocável (Al⁺⁺⁺) dos solos mais intemperizados e aumentar a retenção de água e atividade biológica dos solos. uma vez que os nutrientes na solução do solo são retidos fisicamente nos micro e meso poros da superfície do carvão (Schmidt e Noack 2000). Pode ocorrer também uma lenta oxidação biológica nas bordas dos esqueletos aromáticos do carvão, produzindo grupos carboxílicos e fenólicos e, conseqüentemente, um aumento da capacidade de troca catiônica (CTC) (Glaser *et al.* 1998).

Em solos tropicais os teores de P são baixos, limitando o crescimento das culturas, sendo deficiente em 90% desses solos (Malavolta 1976). Quando adicionado em forma de fertilizante fosfatado, o P geralmente é aproveitado pelas plantas não mais do que 10% do total aplicado, o que é causado pela acidez e pelos altos teores de Fe e Al (Alcarde *et al.* 1991). O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito residual de fontes de fósforo com biocarvão de bambu produzidos sob diferentes temperaturas de carbonização em Latossolo Amarelo distrófico típico da Amazônia.

2. Material e Métodos

O experimento foi instalado em casa de vegetação, localizada no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA V-8), entre dezembro/2012 a maio/2013. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial (3x3), o primeiro fator, o biocarvão de bambu carbonizados a três temperaturas, 400° C, 500° C e 600° C e o segundo fator, três fontes de fósforo, o fosfato natural de ARAD (FN) composto por 28% de P₂O₅ e 30 a 34% de Ca; super fosfato simples (SFS) composto por 18% de P₂O₅ e 18 a 20% de Ca: e super fosfato triplo: SFT, composto por 41% de P₂O₅ e 12 a 14% de Ca (Alcarde *et al.* 1991).

Em cada vaso foram adicionados 3,0 kg de solo, retirado na camada superficial de uma Latossolo Amarelo Distrófico, da EEFT do INPA e uma quantidade equivalente a 40 t ha⁻¹ de biocarvão. As fontes fosfatadas foram aplicadas nas seguintes doses: 326 kg ha⁻¹ FN, 555 kg ha⁻¹ de SFS e 222 kg ha⁻¹ SFT em seus respectivos tratamentos, além de uma adubação complementar igual para todos os vasos, o equivalente a 90 kg ha⁻¹ de ureia e 120 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio. Este substrato foi utilizado anteriormente no cultivo de dois ciclos de rotações de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) e de milho (*Zea mays*).

Para o presente experimento, foi feito a terceira rotação de cultura, com milho seguido de feijão, onde os vasos foram adubados complementarmente, com o equivalente a 120 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio, 90 kg ha⁻¹ de ureia e 100 kg ha⁻¹ g FTE.

Foram semeadas 10 sementes de feijão, onde após as plantas alcançarem 15 cm, foi feito o desbaste deixando três plantas. A colheita foi realizada com 60 dias após a germinação. Após a colheita do ensaio, amostras de solos de cada vaso foram coletadas para as seguintes determinações analíticas: pH (H₂O), pH (KCl) e ΔpH, P, K, Ca, Mg, Al (acidez trocável), H⁺+Al⁺⁺⁺ (acidez potencial), (EMBRAPA 1999). Todos os dados foram tabulados e analisados estatisticamente com auxílio do programa ASSISTAT 7.6, por meio da análise de variância e teste de Tukey (5%).

3. Resultados e Discussão

A análise do pH em H₂O, os resultados médios foram significativos ($p < 0.05$) para o fator biocarvão (Tabela 01), os melhores resultados foram para a temperatura de carbonização a 600° C seguido de 500° C, sugerindo que os prótons de hidrogênio se adsorvem as paredes do carvão, por conta das cargas negativas presentes em sua superfície, quanto maior a temperatura de carbonização maior área (Bagreev *et al.* 2001), refletindo diretamente na redução desses cátions disponíveis na solução. Já as análises do pH (Tabela 01) em KCl e a Δ pH, os resultados não foram significativos ($p > 0.05$), mas para a variação de pH, foi verificado valores negativos no balanço de cargas resultantes da diferença entre o pH KCl e o pH H₂O, com o melhor resultado para o Biocarvão 600 °C.

Os teores de P (Tabela 01) disponíveis nas amostras foram significativas ($p < 0.05$) para o fator biocarvão, onde os maiores valores foram biocarvão 600 e seguido do biocarvão 500° C, este reflexo se deve ao pH dos tratamentos, já que a disponibilidade de fósforo esta relacionado a está variável, a máxima disponibilidade de P acontece entre 5 e 6.2 pH (Raij 2004). Levando em consideração os níveis adequados (31–60 mg kg⁻¹) estabelecidos por (Raij *et al.*1996), os valores encontrados são considerados médios à altos.

Tabela 01- Atributos químicos dos solos após a colheita do ensaio.

Variáveis	Temp.	Fontes de Fósforo			\bar{y} Biocarvão
		FN	SFS	SFT	
pH H ₂ O	400° C	4.27 aA	4.24 aA	4.18 aA	4.23 b
	500° C	4.23 aA	4.34 aA	4.21 aA	4.26 ab
	600° C	4.37 aA	4.37 aA	4.31 aA	4.35 a
		4.29 a	4.32 a	4.24 a	
pH KCl	400° C	3.96 aA	3.94 aA	3.94 aA	3.95 a
	500° C	3.91 aA	3.95 aA	3.94 aA	3.93 a
	600° C	4.01 aA	3.97 aA	3.94 aA	3.97 a
\bar{y} Fontes de P		3.96 a	3.95 a	3.94 a	
Δ pH	400° C	- 0.30 aA	- 0.30 aA	- 0.23 aA	- 0.28 a
	500° C	- 0.32 aA	- 0.38 aA	- 0.27 aA	- 0.32 a
	600° C	- 0.36 aA	- 0.40 aA	- 0.37 aA	- 0.38 a
		- 0.33 a	- 0.36 a	- 0.29 a	
Variáveis	Temp.				
	400° C	26.79 aA	33.49 aA	30.70 aA	30.33 b
	500° C	34.76 aA	39.87 aA	34.55 aA	36.39 ab
		600° C	39.55 aA	38.27 aA	34.76 aA

Médias com letras minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey

Os teores de Ca trocáveis foram significativos ($p < 0.05$) para o fator fontes de P (Tabela 05), o tratamento que apresentou o maior valor deste macronutriente foi o SFS, já que este apresenta alto teor e solubilidade de Ca na solução do solo, mas o biocarvão 500° C, indicando relação entre temperatura de carbonização e área de superficial (Bagreev *et al.* 2001), ocasionando a adsorção das cargas negativas na superfície do biocarvão gerados sob a temperatura de 500° C, e reduzindo assim sua lixiviação deste macronutriente. Levando em consideração os níveis adequados (40–70 mg kg⁻¹) estabelecidos por (Raij *et al.* 1996), os valores encontrados são considerados baixos.

Assim como o cálcio, o potássio apresentou diferença significativa ($p < 0.01$) para o fator biocarvão (Tabela 02), onde a carbonização a 500° C foi o que apresentou o melhor resultado, o diferencial da análise deste nutriente é que a adubação foi igual para todos os tratamentos, já que as fonte deste mineral não variou, indicando adsorção na superfície do carvão por conta do aumento da CTC (Glaser *et al.* 1998), relacionado com a temperatura e cargas nesta estrutura (Bagreev *et al.* 2001), reduzindo assim sua lixiviação.

Os valores da soma de bases apresentou resultados significativos ($p < 0.01$) para o fator biocarvão (Tabela 02), já que foi influenciados pelos resultados Ca e K, o resultado de Mg não apresentou diferença significância ($p > 0.05$) nos tratamentos. Este resultado indica que o biocarvão 500°C reteve os cátions por conta de seu alto poder de adsorção através de micro e macroporos da superfície do carvão além do aumento da CTC (Glaser *et al.* 1998).

Tabela 02- Atributos químicos dos solos após a colheita do ensaio.

Variáveis	Temp.	Fontes de Fósforo			\bar{y} Biocarvão
		FN	SFS	SFT	
Ca	400° C	0.43 aA	0.40 aA	0.36 aA	0.40 a
	500° C	0.38 aA	0.49 aA	0.39 aA	0.42 a
	600° C	0.42 aA	0.40 aA	0.34 aA	0.39 a
\bar{y} Fontes de P		0.41 ab	0.43 a	0.36 b	
K	400° C	0.27 aA	0.29 aA	0.28 aA	0.28 b
	500° C	0.48 aA	0.62 aA	0.72 aA	0.60 a
	600° C	0.36 aA	0.31 aA	0.39 aA	0.35 b
		0.37 a	0.41 a	0.46 a	
SB	400° C	0.96 aA	0.99 aA	0.92 aA	0.96 b
	500° C	1.12 aA	1.44 aA	1.42 aA	1.33 a
	600° C	1.06 aA	0.99 aA	0.99 aA	1.01 b
\bar{y} Fontes de P		1.05 A	1.14 A	1.11 A	
t	400° C	1.73 aA	1.86 aA	1.77 aA	1.79 b
	500° C	1.93 aA	2.10 aA	2.20 aA	2.08 a
	600° C	1.81 aA	1.76 aA	1.78 aA	1.78 b
\bar{y} Fontes de P		1.83 A	1.91 A	1.91 A	

Médias com letras minúscula na vertical e maiúscula na horizontal são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey

A CTC efetiva apresentou resultados significativos ($p < 0.01$) para o biocarvão (Tabela 02), elevando a retenção de cátions na superfície do solo enriquecido com o fator biocarvão, influenciado apenas pelos resultados das variáveis da soma de bases, já que os resultados para Al^{+++} não foi significativo ($p < 0.01$) para ambos os fatores de estudo. O melhor resultado foi para o biocarvão 500 °C, indicando sua capacidade de adsorção nas cargas negativas na superfície deste material dos cátions na solução, já que há um aumento da CTC por conta deste material (Glaser *et al.* 1998).

4. Conclusão

Foi confirmado estatisticamente por análise ANOVA, a relação proporcional entre a temperatura de carbonização e aumento do pH, sendo o biocarvão a 600°C o melhor resultado estudo, refletindo também no resultado do P, já que este nutriente é muito exigente com este fator, e mesmo com valores ideais apenas uma pequena fração do aplicado é absorvido pelas raízes da planta. O FN foi o que apresentou o melhor resultado para o Ca, e o biocarvão 500°C foi que apresentou melhor capacidade na adsorção de cátions, refletindo diretamente em altos valores para as somas de bases e CTC.

O presente estudo apresenta resultados que indicam que o uso de biocarvão no solo tende a reduzir a lixiviação ou imobilização, reduzindo o custo de aplicação de adubos fosfatados que é um recurso não renovável, mas ainda é necessário mais estudos tanto em casa de vegetação como em campo para atestar sua eficácia.

5. Referências Bibliográficas

- Alcarde, J.C.; Guidolin, J.A.; Lopes, A.S. 1991. *Os Adubos e a eficiência das adubações*. 2. Ed. ANDA, São Paulo, SP, Brasil. 35p.
- Bagreev, A.; Badosz, T.J.; Locke, D.C. 2001, Pore structure and surface chemistry of adsorbents obtained by pyrolysis of sewage sludge-derived fertilizer. *Carbon.*, 39: 1971–79.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 1999. *Manual de Métodos de Análises de Solo. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do solo*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 412 pp.
- Glaser, B.; Guggenberger, G.; Haumaier, L.; Zech, W. 2001. Persistence of soil organic matter in archaeological soils (terra preta) of the Brazilian Amazon region. In: Rees, R.M.; Ball B.C.; Campbell, C.D.; Watson, C.A. (eds.), *Sustainable management of soil organic matter*. CABI Publishing. Wallingford, Oxfordshire, England. 190-194 pp.
- Glaser, B.; Haumaier, L.; Guggenberger, G.; Zech, W. 1998. Black carbon in soils: the use of benzenecarboxylic acids as specific markers. *Organic Geochemistry*, 9: 811-819.
- Lehmann, C.J. da Silva Jr; Rondon, M.C.M.D.S.; Greenwood, J.; Nehls, T.; Steiner, C.; Glaser, B. 2002. Slash-and-char - a feasible alternative for soil fertility management in the central Amazon. In: *17th World Congress of Soil Science*. Bangkok.1:419pp.
- Lehmann, J.; Kern, D.C.; German, L.A., McCann, J., Martins, G.C.; Moreira, A. 2003b, Soil Fertility and Production Potential', In J. Lehmann, D.C. Kern, B. Glaser and W.I. Woods (eds.), *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers,1: 105–124pp.
- Malavolta, E. 1976. *Manual de química agrícola*. Ceres, SP, Brasil. 528 pp.

- Raij, B. V.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Furlani, A.M.C. 1996. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Instituto Agrônomo & Fundação IAC. Boletim Técnico N° 100. Campinas, SP, Brasil. 285p.
- Raij, B.V. 2004. Métodos de diagnose de fósforo no solo em uso no Brasil. In: Yamada, T.; Abdalla, S.R.S. *Simpósio sobre fósforo na agricultura brasileira*. Piracicaba, SP, Brasil, p. 563-588.
- Sombroek, W.G. 1966. *Amazon soils*. Agricultural Research Reports. Center for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen, Germany. 292p.
- Schmidt, M.W.I.; Skjemstad J.O.; Ghert, E.; Kogel- Knaber, I. 1999. Charred organic carbon in Germany chernozemic soils. *European Journal of Soil Science*, 50: 351-360.
- Schmidt, M.W.I.; Noack, A.G. 2000. Black carbon in soils and sediments: Analysis, distribution, implications, and current challenges. *Global Biogeochemistry Cycles*, 14: 777-793.
- Trompowsky, P.M.; Benites, V.; Madari, B.; Pimenta, A.; Hockaday, W.; Hatcher, P. 2005. Characterization of humic like substances obtained by chemical oxidation of eucalyptus charcoal. *Organic Geochemistry*, 36: 1480-1489.