

Corte e Carbonização como Uma Alternativa ao Corte e Queima: Estudos Na Amazônia

Christoph Steiner
Wenceslau Gerales Teixeira
Sundari Narayan
Julie Major
Johannes Lehmann
Wolfgang Zech
Winfried E.H. Blum

Florestas tropicais estocam entre 20 e 25% do carbono terrestre (Bernoux et al., 2001). O solo sob floresta tropical contém aproximadamente a mesma quantidade de carbono que vegetação acima dela. Normalmente os solos contêm 2.7% C nos horizontes superficiais e 0.5% nos horizontes de subsuperfície até 100 cm de profundidade (Sombroek et al., 2000).

A rápida conversão da floresta Amazônica para sistemas agrícolas causa impactos no balanço global do carbono e no total das emissões líquidas de gases de efeito estufa. Este efeito é estimado numa liberação líquida de carbono do solo de $8.5t\ C\ ha^{-1}$, ou 11.7 milhões de toneladas de carbono para uma área de 1.38 milhões de hectares desmatados em 1990 (Fearnside e Barbosa 1998).

Mudanças nos sistema de uso da terra, particularmente o desmatamento, podem reduzir os estoques de carbono orgânico (CO) na ordem de 20% a 50% nas camadas superficiais do solo (Sombroek et al., 1993). A redução do CO é frequentemente responsável pela degradação dos solos nos trópicos (Tiessen et al., 1994). O sistema de corte e queima foi estudado por Tiessen et al., (1994) que mostrou perdas de 81% da camada de serrapilheira e 29% de CO até a camada de 15 cm em três anos. Tiessen et al. (1994) concluíram que o decréscimo acelerado da CO do solo por algumas práticas agrícolas pode levar à mineralização de metade dos nutrientes em dois anos. A agricultura de corte e queima não é sustentável sem fertilizantes após alguns de cultivo.

Em solos com baixa capacidade de retenção de nutrientes, as chuvas tropicais de alta intensidade podem facilmente lixiviar os nutrientes no solo, tais como o N fornecido através de fertilizantes nitrogenados que rapidamente atingem o subsolo onde ele se torna indisponível para a maioria dos cultivos (Giardina et al., 2000; Hölscher et al., 1997; Renck Lehmann 2004), tornando vezes a eficiência agrônômica da adubação muito reduzida.

A agricultura de corte e queima é praticada por 300 a 500 milhões de pessoas, estando envolvido nesta atividade um terço das áreas agricultáveis do planeta, aproximadamente 1.500 milhões de hectares (Giardina et al., 2000; Goldammer 1993). Esta prática agrícola é considerada sustentável se forem adotados períodos de pousio adequados (até mais de 20 anos) seguidos de curtos períodos de cultivo (Kleinman et al., 1995). O aumento da população mundial e mudanças nas condições socioeconômicas não permitem que esta técnica seja sustentável na atualidade. A tendência de crescimento da população e redução das áreas disponíveis para cada agricultor leva a curtos períodos de pousio (Fearnside 1997). A manutenção de níveis adequados de matéria orgânica do solo (MOS) em solos tropicais poderá ser um novo passo para práticas de manejo sustentáveis das terras agrícolas nos trópicos, conseqüentemente reduzindo a pressão nas áreas pristinas remanescentes. O aumento dos estoques de carvão no solo parece ser um promissora opção de transformar resíduos orgânicos facilmente degradáveis em recalcitrantes *pools* de MOS (Fearnside et al., 2001; Glaser et al., 1998; 2001b; Zech et al., 1990). Contudo, carvão representa somente 1.7% da biomassa da floresta primária quando esta é queimada no tradicional sistema de corte e queima (Fearnside et al., 2001).

A existência de horizontes antrópicos e ricos em carbono em diferentes localidades do mundo, em especial na Amazônia, localmente denominadas de Terra Preta de Índio (TPI) indica que os solos pobres em cargas e nutrientes como os Latossolos e Argissolos podem ser transformados em solos férteis utilizando apenas resíduos orgânicos. A fertilidade das TPI é decorrente de uma adição antrópica de fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (Lima et al., 2002; Zech et al., 1990) e carbono pirogênico, carvão vegetal (Glaser et al., 2001a). Carvão vegetal é resistente no ambiente por séculos, sendo o responsável pela estabilidade dos estoques de carbono nas TPI. Atualmente e provavelmente no passado estas áreas são e foram intensivamente cultivadas.

Objetivos da Pesquisa

A fertilidade duradoura das TPI e o popular uso de resíduos vegetais carbonizados como condicionador do solo no Brasil (Steiner et al., 2004b) e em outras partes do mundo (principalmente no Japão) (Ogawa 1994) motivaram os estudos dos efeitos da aplicação de carvão vegetal em solos altamente intemperizados. A produção de carvão para melhoria da qualidade do solo (corte e carbonização) da biomassa da vegetação (florestas secundárias e resíduos das culturas) em substituição as emissões de CO₂ através da queima (corte e queima) poderá estabelecer um significativa redução das emissões de gases de efeito estufa e ser um importante passo para a conservação da matéria orgânica e sustentabilidade da agricultura tropical.

Neste capítulo são apresentados vários estudos realizados em Manaus (Steiner 2007) cujo principal objetivo foi verificar o efeito da aplicação de carvão vegetal no manejo do Latossolo Amarelo (xanthic Ferralsol) na terra firme em Manaus - Brasil. Os estudos foram conduzidos na Estação Experimental da Embrapa Amazônia Ocidental no Km 30 da Rodovia AM-010. Neste capítulo também é descrito uma forma de manejo indígena da fertilidade do solo pela queima e uso de fontes orgânicas. Diferentes fontes de adição de resíduos orgânicos e fertilizantes minerais para a fertilidade do solo e produção de cultivos foram comparados e avaliados em experimentos de campo, utilizando quinze tratamentos baseados em quantidades iguais de carbono aplicados na forma de esterco de galinha, composto, carvão vegetal e liteira da floresta. Os cultivos avaliados foram quatro ciclos de culturas anuais com arroz (*Oryza sativa* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L.), o experimento tinha cinco repetições. Um estudo paralelo foi realizado para verificar a influência da população microbiana do solo avaliado através da respiração do solo. O potencial de crescimento da população microbiana após adição de glucose pode ser utilizado como indicador da fertilidade do solo. Neste estudo foram utilizadas amostras de TPI para comparação.

A utilização de ¹⁵N marcado permitiu estudar a retenção de nitrogênio (N) em parcelas com adição de carvão ou composto em comparação com parcelas que receberam apenas fertilização mineral. A sucessão de plantas invasoras e a composição das espécies nas parcelas com diferentes tratamentos também foram avaliadas. Manejo orgânico e inorgânico da fertilidade do solo foi investigado em dois cultivos perenes (bananeira e guaranazeiro) avaliando-se a respiração e as propriedades químicas do solo. Com o objetivo de estudar a influência do carvão, nitrogênio e fósforo foram usado um experimento utilizando o delineamento em fatorial confundido. As bananeiras (*Musa sp.*) receberam fertilizantes minerais em adição com carvão vegetal. Os guaranazeiros (*Paullinia cupana*) foram fertilizados utilizando fontes orgânicas, esterco de galinha e farinha de ossos. Para testar a viabilidade da aplicação de resíduos carbonizados (carvão vegetal) em fazendas da região, estudos envolvendo parâmetros de nutrição de plantas, lixiviação de nutrientes e qualidade física do solo (densidade do solo, capacidade de retenção de água) foram avaliados em parcelas com adição de carvão vegetal em diferentes granulometrias. Estes estudos foram comparados com as práticas tradicionais utilizadas no manejo do solo num bananal na região. A influência do carvão e do extrato pirolenhoso na atividade microbiana foi avaliada em um experimento de casa de vegetação por meio de avaliações da respiração basal, respiração induzida pelo substrato e pela avaliação do crescimento exponencial da população após a adição do substrato, e a efetividade do carvão como um carreador de liberação lenta de nutrientes (*slow release*). O efeito de doses de N, P, e K foi estudado em experimentos em casa de

vegetação. Mudanças de arroz foram fertilizadas com fontes minerais de N, P, e K utilizando-se carvão vegetal e caulinita como carreador dos nutrientes, para se verificar a disponibilidade dos nutrientes para as plantas e microrganismos.

Finalmente um estudo socioeconômico sobre a produção de carvão vegetal coletou informações através de entrevistas e análise de dados sobre o impacto econômico desta atividade, composição demográfica e acesso à terra, importância da força de trabalho e do capital financeiro nesta atividade. Foi dada ênfase à produção de carvão em relação à seleção da madeira a ser carbonizada, força de trabalho necessária, produção e retorno econômico da atividade comparada com outras atividades e, principalmente, atividades agrícolas tradicionais na região. Este estudo mostrou as técnicas de carbonização utilizadas, os riscos desta atividade e o potencial uso de resíduos da produção carvoeira na agricultura. Neste capítulo é discutida a viabilidade da adoção do sistema de corte e carbonização como forma de limpeza e preparo do terreno sem contar com a possibilidade futura de contar com subsídios do mercado de carbono para pequenos agricultores familiares, e créditos devidos à redução das emissões e possível sequestro de carbono no solo.

Resumo dos Resultados Alcançados

Manejo indígena da fertilidade do solo (Steiner et al., 2008d)

O manejo do fogo e adição de resíduos orgânicos são as principais práticas de manejo utilizadas pelas populações indígenas para manejo da fertilidade do solo. Pequenas áreas (alguns metros quadrados) são queimadas para criar o que é denominado de “terra queimada” nestas áreas são adicionados também resíduos orgânicos carbonizados (cinzas e carvões) que são utilizados para aumentar a fertilidade em locais para a cultivo de algumas plantas medicinais e condimentares (Fig. 1). Após a queima e criação da terra queimada, o solo tem um forte odor de ácido pirolenhoso, o que eles determinam de “terra cheirosa” este tratamento parece ter um efeito estimulante para atividade microbiana. Entretanto, estas áreas têm fertilidade menor que a maioria das Terras Pretas de Índio (TPI). Os conteúdos de Ca, K, Mg, Zn, Mn ficaram dentro da faixa encontrada nas TPI apesar dos teores totais serem menores. Fósforo e enxofre apresentaram níveis similares àqueles encontrados nas denominadas *Terras Mulatas* (TM). As TPI são frequentemente acompanhadas de faixas mais amarronzadas denominadas TM. Sombroek et al., (2002) e Woods e McCann (1999) acreditam ser estas áreas campos agrícolas das populações pré-colombianas e se situavam próximos às aldeias. A sua fertilidade foi criada por um manejo com a queima parcial de material orgânico, gerando relativamente grandes quantidades de carvão vegetal que confere a coloração mais escura (amarronzada) nestas áreas



Fig. 1. Hortas e jardins cultivados com resíduos de carvão vegetal Amazonas - Brasil.

Influência da adição de carvão vegetal e extrato pirolenhoso na respiração edáfica (Steiner et al., 2008a)

Quando carvão vegetal foi aplicado sem ter passado por nenhuma lixiviação das cinzas (diretamente dos fornos de carvão), os efeitos na respiração do solo, na biomassa microbiana, no crescimento da população microbiana e sua eficiência, avaliados através do quociente metabólico da produção de CO_2 por biomassa microbiana, mostrou uma resposta linear direta e significativa com o aumento das quantidades de carvão utilizadas (50, 100 e 150 g kg^{-1} solo, Fig. 2). Aplicações de extrato pirolenhoso causaram um rápido decréscimo da respiração microbiana do solo, e também da biomassa microbiana e do crescimento da população microbiana. Nós supomos que os compostos presentes no extrato pirolenhoso contêm poucas substâncias facilmente degradáveis que possam ser utilizados pelos microrganismos e adicionalmente uma pequena quantidade de agentes inibidores da população microbiana.

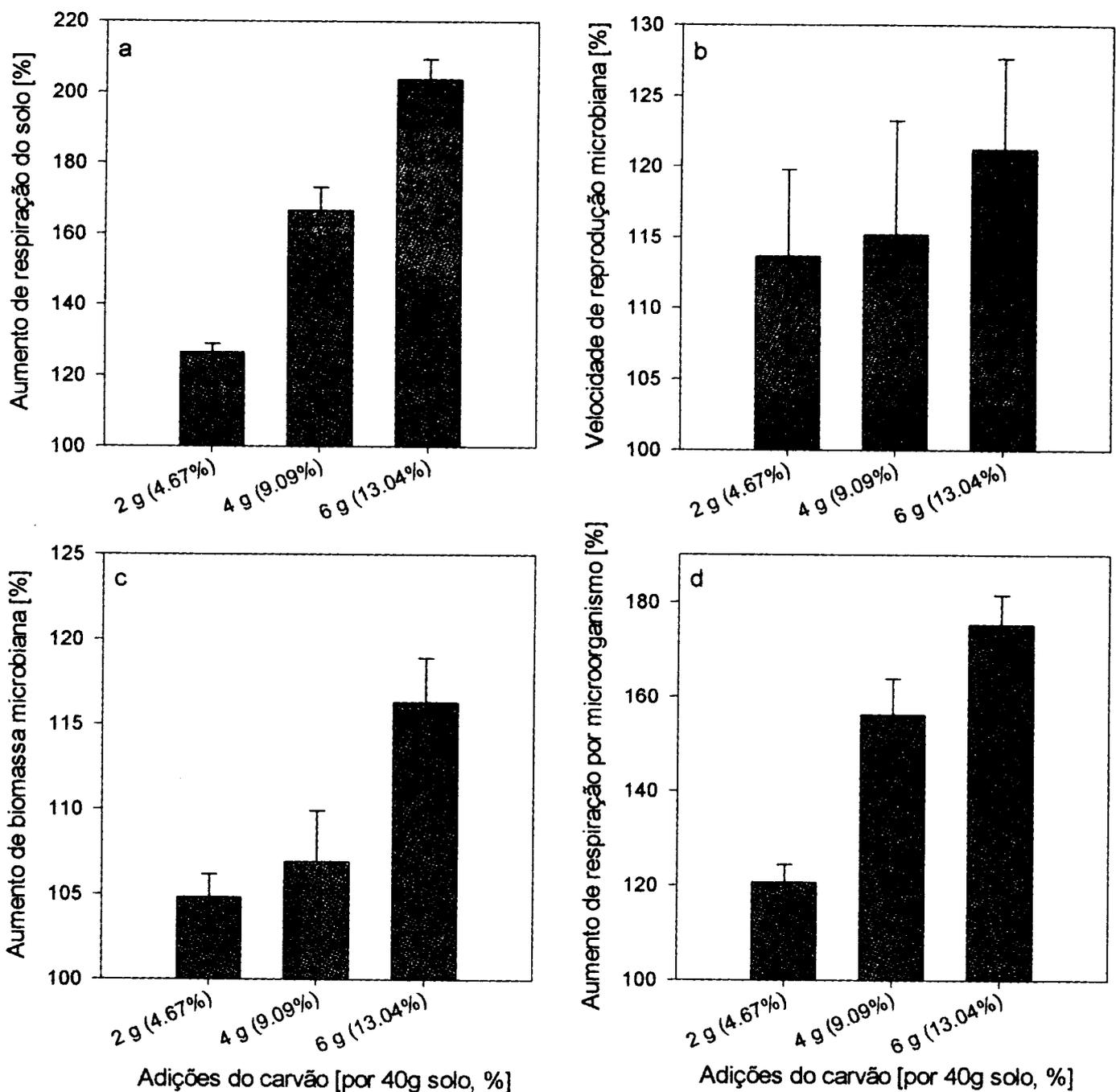


Fig. 2. Aumento da atividade microbiana após a adição de carvão vegetal recente (não lixiviado, diretamente do forno de fabricação). a) respiração do solo (BR), b) velocidade de reprodução após adição da glucose, c) biomassa microbiana, d) percentual de respiração por microorganismo

Efeito de longo tempo da aplicação de esterco, compostos e fertilizantes Minerais (Major et al., 2005; Steiner et al., 2008c; Steiner et al., 2007; Steiner et al., 2004a)

O efeito duradouro na melhoria da fertilidade do solo e o efeito sinérgico da aplicação de carvão vegetal combinado com fertilizantes foi observado em um experimento de campo utilizando 15 diferentes tratamentos envolvendo a adição de diferentes fontes de carbono. A adição de esterco de galinha resultou significativamente ($p < 0.05$) na maior produção acumulada de quatro cultivos sucessivos de arroz e sorgo (12.4 Mg ha^{-1}). As parcelas com adição de esterco de galinha mostraram também aumentos significativos nos valores de pH, P disponível (Mehlich-3), Ca e Mg trocáveis na superfície do solo. As parcelas com uma única aplicação de composto produziram significativamente quatro vezes mais grãos ($P < 0.05$) que as parcelas que receberam fertilizantes minerais de forma parcelada. As parcelas com aplicação de carvão vegetal e fertilizantes NPK aumentaram o crescimento das plantas e dobraram a produção de grãos em comparações com as parcelas fertilizadas somente com NPK ($P < 0.05$, Fig 3). Um maior crescimento e produção dos cultivos levarão a uma maior exportação de nutrientes, entretanto os nutrientes disponíveis no solo nas parcelas com carvão não decresceram na mesma magnitude que as parcelas que receberam simplesmente fertilizantes minerais. Nas parcelas onde foi aplicado o carvão vegetal também mostraram uma redução significativa dos teores de alumínio trocável. A resiliência da matéria orgânica do carvão nas parcelas com este tipo de material, mostrou uma redução de perdas de 8% para 4% em comparação com parcelas em que foram utilizados fertilizantes. Isto indica que a natureza recalcitrante do carbono contido no carvão vegetal e sua maior estabilidade no solo em comparação reduziu as perdas de 27% nas parcelas com adição de esterco de galinha e composto e de 25% nas parcelas controle.

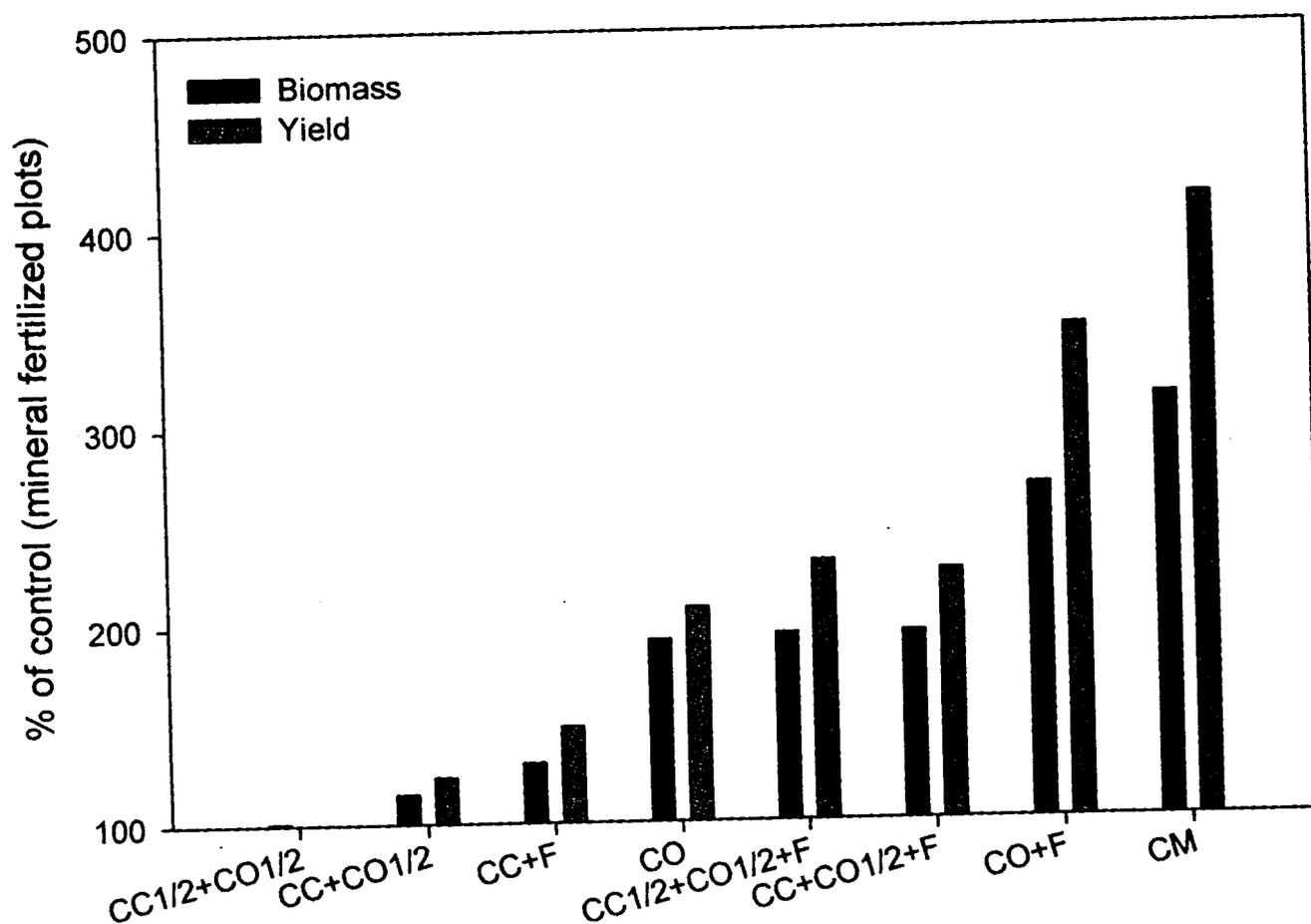


Fig 3. Produção acumulada de biomassa em quatro colheitas e crescimento devido a diferentes sistemas de manejo do solo. CC = carvão (11 Mg ha^{-1}), CO = composto (47 Mg ha^{-1}), F = fertilizante mineral (primeira adubação: 30, 35, 50 NPK e 2100 kg ha^{-1} calcário dolomítico ($\sim 460 \text{ Ca}$, 270 Mg); segunda adubação: 55, 40, 50 NPK e 430 kg ha^{-1} calcário, CM = chicken manure Esterco de galinha (47 Mg).

O crescimento da população microbiana mostrou uma correlação positiva significativa com a disponibilidade de nutrientes e com a produção de biomassa. Solos com adição de fertilizantes minerais e carvão e amostras de TPI mostraram um maior potencial de crescimento da população microbiana, entretanto mostraram reduzidas taxas de respiração microbiana na ausência de uma forma facilmente degradável de carbono (glucose) (Steiner et al., 2004a). Amostras de TPI mostraram uma reduzida taxa de respiração do solo antes da adição do substrato, mas uma elevada taxa respiratória e um elevado crescimento da população foi determinado após a adição de substrato. Solos florestais apresentam normalmente uma elevada taxa respiratória e um baixo crescimento da população, isto é consequência dos elevados teores de MO facilmente biodegradável no solo superficial da floresta, entretanto com pequena disponibilidade de nutrientes. A TPI apresenta um comportamento inverso com MO recalcitrante e elevada disponibilidade de nutrientes.

A recuperação de ^{15}N na biomassa foi significativamente maior nas parcelas onde o composto foi adicionado ao solo, provavelmente devido à maior produtividade nestas parcelas. A retenção no solo foi significativamente maior nas parcelas com adição de carvão após a segunda colheita devido a maior retenção de N e ciclagem de resíduos dos cultivos que permaneceram nas parcelas após a colheita. O ^{15}N total recuperado (no solo, culturas, resíduos e grãos) foi significativamente maior ($p < 0.05$) nas parcelas que receberam composto, carvão e carvão combinado com composto em comparação com parcelas que receberam apenas fertilizantes minerais (Fig. 4).

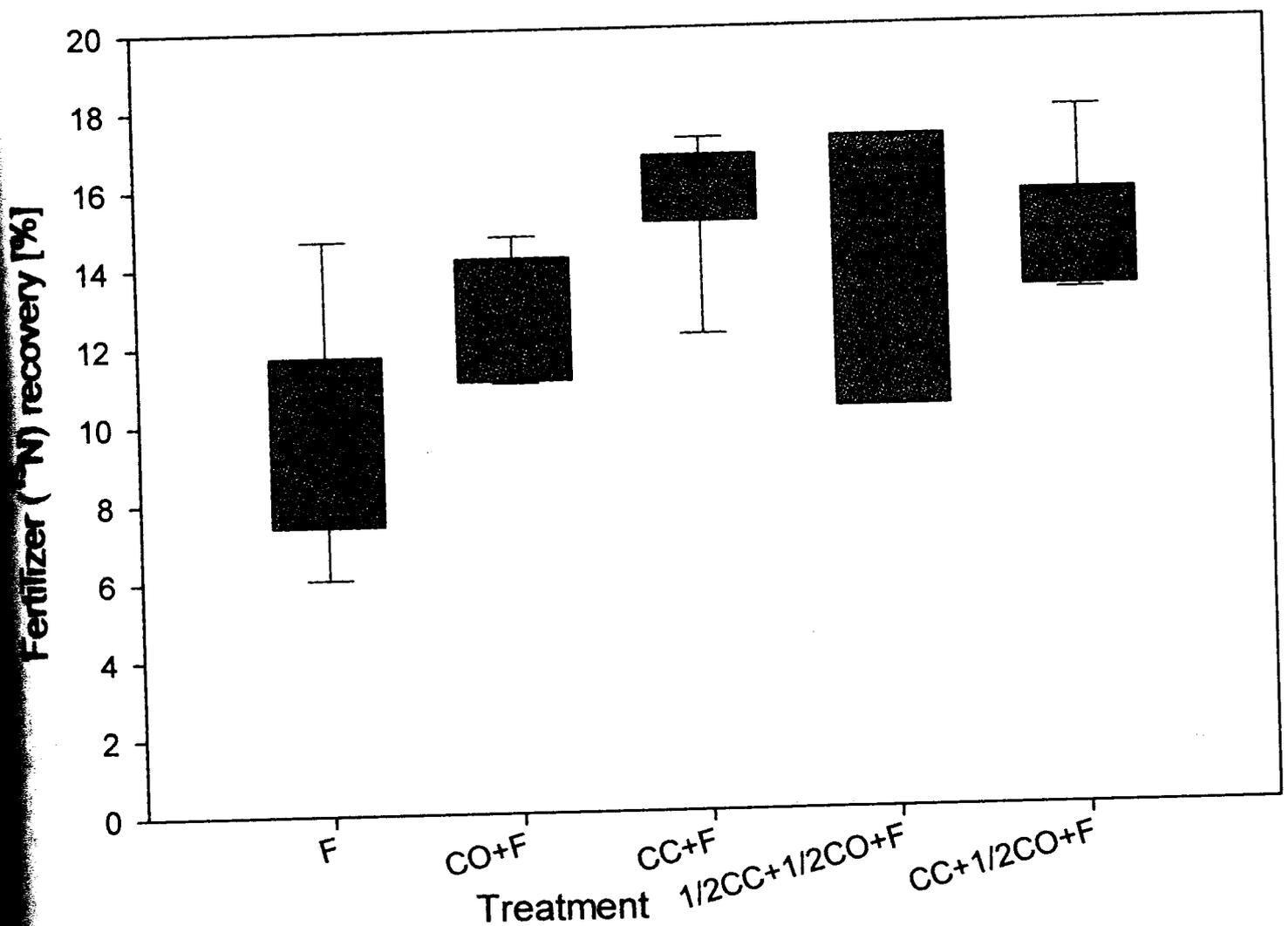


Fig. 4. Fertilizantes minerais recuperados (^{15}N) do solo após dois ciclos de cultivos. CC = carvão vegetal (11 M ha^{-1}), CO = composto (47 Mg ha^{-1}), F = fertilizantes minerais ($55, 40, 50 \text{ NPK}$ e 430 kg ha^{-1} calcário).

A aplicação de carvão vegetal somente não afetou a porcentagem de cobertura do solo ou a diversidade de espécies invasoras, entretanto um efeito sinérgico foi detectado nas parcelas que receberam carvão e fertilizantes. A porcentagem de cobertura por ervas invasoras foi de 2 % nas parcelas que receberam somente carvão vegetal, de 45 % nas parcelas com fertilizantes minerais e 66 % nas parcelas em que foram adicionados carvão vegetal e fertilizantes. Os efeitos na população de ervas invasoras foi observado aproximadamente 2,5 anos após o início do experimento e aproximadamente um ano após a última aplicação de fertilizantes.

Aplicações de carvão vegetal em cultivos perenes (Steiner 2007)

A comparação da fertilização com fontes orgânicas e minerais em cultivos de banana (*Musa paradisiaca*) e guaraná (*Paulinia cupana*) mostrou que a aplicação de carvão contribui para a manutenção da fertilidade do solo. A aplicação de carvão aumentou os valores de pH, N total e os teores trocáveis de sódio (Na), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu) e também reduziu os teores de alumínio trocável ($p < 0.05$) no cultivo da banana. Estas alterações na qualidade do solo significativamente aumentaram a respiração basal e eficiência microbiana em termos da liberação de dióxido de carbono por unidade microbiana no solo.

A Biomassa Microbiana

A biomassa microbiana, eficiência e o crescimento da população após a adição do substrato foi significativamente maior com aumento dos níveis de fertilizantes orgânicos adicionados, provavelmente em razão da maior disponibilidade de nutrientes no solo. Em particular, nas parcelas com esterco de galinha todos os nutrientes aumentaram com exceção do Al e Fe que tiveram seus níveis reduzidos ($p < 0.05$). Farinha de ossos aumentou os teores no solo de Mg e N e reduziu significativamente o conteúdo de Al.

Aplicação de carvão vegetal em covas para plantio de banana (Steiner et al., 2008e)

A redução da acidez do solo devido a aplicação de carvão vegetal foi verificada em experimento numa plantação de banana no Município de Presidente Figueiredo (AM), Brasil. As parcelas que receberam aplicações de carvão tiveram também um aumento significativo dos teores de K trocável nas profundidades de 0.2 0.4 m. Resultados dos teores foliares mostraram teores significativamente maiores de Ca, Mg, e S em folhas oriundas de parcelas que receberam aplicação de carvão vegetal. Não foram detectadas diferenças na produção de banana avaliada apenas na primeira colheita.

Carvão vegetal como condicionador do solo (Steiner et al., 2008b)

Em experimentos conduzidos em casa de vegetação a lixiviação de nitrogênio foi significativamente reduzida ($P < 0.05$) quando sulfato de amônio $[(NH_4)_2SO_4]$ foi aplicado nos vasos que continham carvão. Em contraste, a quantidade lixiviada de K foi significativamente ($P < 0.05$) maior nos vasos com carvão aonde foi aplicado cloreto de potássio (KCl) provavelmente em razão da liberação de K residual de cinzas que havia no carvão. Ao final do experimento o conteúdo de N e de K era significativamente maior nos tratamentos onde foi adicionado carvão. O carvão simultaneamente pode servir de fonte adicional de K e aumentar a retenção de N. O conteúdo de fósforo não foi influenciado pela presença ou ausência de carvão. A produção de biomassa e crescimento da população microbiana não foram influenciadas nem pelas diferentes fertilizações nem pela adição de carvão, provavelmente por causa do excesso de nutrientes disponíveis. A respiração do solo em relação ao tamanho da população microbiana ($CO_2-C\ h^{-1}\ Cmic^{-1}$) foi menor no solo no qual foi adicionado carvão.

Produção de carvão e uso na agricultura (Steiner et al., 2004b; Swami et al., 2008)

Os usos dos resíduos de carvão vegetal (pedaços pequenos de carvão não são aceitos para o mercado de carvão para churrascos) é utilizado de diferentes maneiras que variam desde suplemento para ração de galinhas poedeiras, com seu uso direto, e como componente de composto orgânico. A produção de carvão vegetal é praticada como uma alternativa do método de limpeza do terreno tradicionalmente utilizado (corte e queima). Entretanto na maioria das vezes o carvão vegetal não é utilizado como condicionador do solo e somente os resíduos não comercializados (pó e pedaços pequenos) são utilizados.

Os estudos de aspectos socioeconômicos da produção de carvão na região de Manaus e da eficiência do processo da fixação de carbono pode distinguir grupos sociais que trabalham no mercado do carvão nesta região. Um primeiro grupo, denominado aqui de carvoeiros, tem na produção de carvão sua principal atividade econômica, sendo esta sua única fonte de rendimentos. Normalmente este grupo tem esta atividade devido a fracasso em atividades agrícolas. Um segundo grupo de produtores de carvão tem esta atividade de forma secundária, sendo os recursos da venda do carvão uma fonte suplementar de renda. Este grupo normalmente tem um emprego fixo na cidade e a facilidade de acessar o mercado na cidade permite que tenham rendimentos até sete vezes superiores ao grupo dos carvoeiros. Nas entrevistas realizadas ficou claro que a principal razão, (mencionada por 77% dos entrevistados) para a entrada na atividade carvoeira, foi o fracasso de manter atividades agrícolas rentáveis nestas localidades.

A média dos valores da fixação de carbono nos fornos utilizados, denominados regionalmente de "rabo quente" (Fig. 5) foi de 42% (da quantidade total de carbono existente na madeira para a quantidade total existente no carvão produzido) e a quantidade de carvão recuperado, estimado pelo peso da madeira foi de 25.3%. Somente cerca de 3.7% do carbono presente na madeira (entretanto valores altos quando comparados com o carvão produzido por eventos de corte e queima) puderam ser transferidos para *pools* recalcitrantes de carbono no solo, se apenas os resíduos acumulados nas áreas de produção forem usados para melhoria do solo.



Fig. 5. Técnica de carbonização utilizando forno de tijolo de barro, conhecido localmente no Amazonas como "rabo quente".

Uma maior proporção de resíduos de carvão (pequenos pedaços que não têm mercado para a utilização em churrascos) é gerada durante uma reclassificação e empacotamento pelos comerciantes de carvão no mercado de varejo, estes resíduos são descartados ou comercializados a preços bem reduzidos para uso agrícola em propriedades próximas da cidade. Considerando os baixos custos para a produção artesanal de carvão vegetal (~ 48 US \$ / T), o uso deste material poderá ser utilizado nos sistemas de agricultura itinerante como condicionador do solo e nas reduções das emissões de gases de efeito estufa, que com as futuras negociações poderá gerar créditos adicionais. O sistema de corte e carbonização em substituição ao tradicional sistema de corte e queima poderá se tornar se uma prática de seqüestro de carbono.

Conclusões

A produção de carvão vegetal é uma atividade comum em muitas comunidades da Amazônia é frequentemente utilizada como método alternativo para a limpeza do terreno. Os resíduos da produção de carvão vegetal são abundantes e podem ser utilizados para melhoria da qualidade do solo. A aplicação de carvão vegetal influencia a qualidade do solo de forma complexa, sendo importante em reduzir a acidez e a atividade do alumínio na solução do solo. Adicionalmente a aplicação de carvão tem o potencial e reduzir a lixiviação de N e adicionar potássio ao solo. A aplicação de carvão vegetal aumentou a taxa de respiração da população microbiana do solo após a adição de substrato, independentemente da adição da fertilização, o mesmo comportamento foi observado nas amostras oriundas de sítios de Terra Preta do Índio, entretanto a respiração do solo foi baixa nas parcela de controle.

Após a decomposição da fração mais disponível do carvão vegetal, formas recalcitrantes são criadas e supostamente são um habitat preferencial para muitos microrganismos (Ogawa 1994) e também podem suportar uma comunidade microbiana mais ativa (Pietikäinen et al., 2000). Uma fonte de carbono de reduzida taxa de degradação, como o carvão vegetal, conjuntamente com fontes de nutriente minerais pode provocar um aumento na população microbiana.

Os efeitos da aplicação de carvão vegetal nas características biológica, química e física do solo são complexas tornando difícil isolar um efeito simples, entretanto sua aplicação pode levar a aumentos significativos no crescimento e produção de várias espécies de plantas.

São necessários ampliar os estudos agrônômicos das aplicações de carvão, assim como do uso potencial de fontes alternativas de biomassa para avaliações de sistema de preparo do terreno, como o corte e carbonização. O acesso ao mercado global de carbono poderá facilitar o uso de carvão vegetal como condicionador do solo e reduzir as emissões de gases de efeito estufa, adicionalmente poderá indiretamente contribuir para a redução do desmatamento.