
**RECUPERAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE UM LATOSSOLO
AMARELO APÓS PLANTIO DO MOGNO BRASILEIRO (*Swietenia
macrophylla* KING) COM MELIÁCEAS EXÓTICAS EM
CONSÓRCIO E EM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Telma F. C. Batista¹

Orlando S. Ohashi¹

Ana R. A. Martins¹

RESUMO

Através do plantio do *Swietenia macrophylla* consorciado e em sistema agroflorestal com meliáceas exóticas e o feijão caupi *Vigna unguiculata* avaliou-se a recuperação físico-química de um latossolo amarelo areno-argiloso, degradado pela ação intensiva da pecuária com capim Kikuiu *Pennisetum clandestinum* Hochest. As meliáceas exóticas foram: *Toona ciliata* (cedro australiano), *Khaya ivorensis* (mogno africano) e *Azadirachta indica* (nim). Verificou-se que a incorporação dos restos vegetais oriundos das podas de condução das plantas arbóreas e os restos culturais do feijão caupi, após duas colheitas consecutivas, nas subparcelas com sistema agroflorestal, incrementaram em duas vezes a quantidade de Na⁺, K⁺ e P no solo, enquanto que N foi o nutriente mais exportado nos dois sistemas de plantio. Houve a inibição do desenvolvimento do capim kikuiu à medida em que as copas das árvores se desenvolveram.

¹Instituto de Ciências Agrárias- Universidade Federal Rural da Amazônia ICA/UFRA. Av. Tancredo Neves, 2501, Montese Belém-Pará. CP: 917. CEP: 66.077-530.

Palavras-chave: Sistema agroflorestal, consórcio, mogno, recuperação de solo.

PHYSICOCHEMICAL RECOVERY OF AN OXISOL AFTER THE PLANTATION OF *Swietenia macrophylla* KING IN ASSOCIATION WITH EXOTIC MELIACEAE AND IN AN AGROFOREST SYSTEM

ABSTRACT

This paper deals with the planting of *Swietenia macrophylla* in an agroforest system and in association with exotic Meliaceae and the cowpea bean *Vigna unguiculata* to evaluate the physicochemical improvement of an oxisol degraded by intensive cattle management on pastures with *Pennisetum clandestinum* Hochest. The exotic Meliaceae were: *Toona ciliata*, *Khaya ivorensis* and *Azadirachta indica*. The results showed that incorporation of vegetable material from the pruning residues as well as the cowpea bean biomass after two consecutive harvestings, in the subparcels of agroforest system, improved twice the amount of Na^+ , K^+ and P in the soil, while N was the most exported nutrient in the two systems. One observed a decrease in the *Pennisetum clandestinum* development as the canopy areas increased.

Key-words: Agroforest system, association, mahogany, soil recovery

INTRODUÇÃO

A primeira etapa de ocupação da terra é a destruição da vegetação natural e a substituição dela por alguma atividade agropecuária, urbana, industrial ou de exploração mineral. Nessa fase a destruição da flora é feita de forma irreversível e gradualmente o solo torna-se com baixa fertilidade,

devido principalmente, ao uso intensivo (Raij, 1991). No caso da pecuária, sistemas que envolvem pastagens e animais, algumas espécies de plantas criam um retorno positivo nos habitats pobres em nutrientes (Hobbie, 1992). O nível de ciclagem de nutrientes é menor pelo lento crescimento da vegetação e produção de material de baixo valor nutricional que detêm os herbívoros, resultando em baixa decomposição da liteira e degradação do solo. Similarmente, em ecossistemas ricos em nutrientes, entretanto com maiores gastos para a manutenção dessas áreas, ocorre o inverso. Logo, é essencial a adoção de técnicas de recuperação desses solos à medida que são abandonados devido a ação intensiva da pecuária. Atualmente várias técnicas de recuperação da fertilidade dos solos podem ser utilizadas, dentre elas destaca-se o uso de corretivos e fertilizantes que são os insumos mais importantes para essa finalidade, porque favorece a cobertura vegetal e a formação de matéria orgânica. Entretanto, alternativas de recuperação do solo se faz necessário, uma vez que, os corretivos e fertilizantes exigem maiores custos na manutenção do solo.

Os sistemas de consórcio e agrofloretais podem favorecer, em parte, o restabelecimento físico-químico do solo, reduzindo os custos da adubação tradicional. Nesse sentido, o presente trabalho visa avaliar o efeito de dois modelos de plantios, consórcio e sistema agroflorestral, no restabelecimento físico-químico de um latossolo amarelo degradado pela ação da pecuária intensiva.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área de reflorestamento da empresa Tramontina Belém S/A, área degradada pela ação de antigos pastos e pela presença constante do capim Kikuyo *Pennisetum clandestinum* Hochest. A área fica localizada no município de Aurora do Pará - Pa a 2° 10,51 S; 47° 32,1 W a uma distância de 220 Km de Belém, Pa. O plantio no campo das

espécies florestais foi realizado em parcelas de 15 x 15 m e espaçamento de 3 x 1,5 m. Os modelos de plantios foram: consórcio e sistema agroflorestal (SAF). O feijão caupi foi semeado entre as linhas de plantio somente nas subparcelas sorteadas com SAF. O delineamento foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas e 4 repetições. A variável nas parcelas foram as espécies florestais e nas subparcelas a variável foi o feijão caupi. Cada parcela experimental foi constituída de 2 subparcelas com 18 plantas cada. Os tratamentos nas unidades experimentais constaram de: *S. macrophylla* + *T. ciliata*; *S. macrophylla* + *K. ivorensis*; *S. macrophylla* + *A. indica*; *S. macrophylla*, *T. ciliata*; *K. ivorensis* e *A. indica*. Antes do plantio a área foi arada e gradeada depois aberta covas de 15 x 17 x 30 cm adubadas com 500 g de esterco curtido de galinha e 100 g de 10 x 28 x 10 de NPK. O plantio das essências florestais ocorreu no ano de 2002. O caupi foi plantado em duas safras consecutivas 2002 e 2003. A variedade do caupi utilizada foi a. BR 3 Traquateua. Em cada plantio o feijão recebeu 5 g de adubação na cova com 10 x 28 x 10 de NPK e 40 x 40 cm de espaçamento. Para aumentar a matéria orgânica as essências florestais foram podadas periodicamente e a biomassa incorporada no solo, ou seja, foi realizado poda de condução, onde os ramos laterais foram retirados para que o ramo principal se desenvolvesse sem concorrência e a planta obter crescimento mais vertical. Além de aumentar a matéria orgânica no solo a biomassa incorporada também teve o objetivo de inibir a lixiviação e a presença do capim kikuyo e, conseqüentemente, favorecer a retenção da umidade e manter constante a temperatura do solo por mais tempo. Após a colheita do feijão os restos culturais também foram incorporados nas subparcelas com SAF. Amostras de solo foram retiradas antes da implantação do experimento e depois da primeira e segunda colheita do feijão caupi nas subparcelas de todos os tratamentos. As análises físico-químicas das amostras foram realizadas pelo Laboratório de Ciência do Solo pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias

da Universidade Federal Rural da Amazônia. Os métodos utilizados para obtenção da fertilidade completa foram: pH = método potenciométrico relação 1:2,5; N total = método de Kjeldahl; C orgânico = método de Walkley-Black; Matéria Orgânica = C org. x 1,724; P, K⁺ e Na⁺ = extrator Mehlich 1 e Ca⁺ e Mg = extrator KCl 1M.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela análise física (Tabela 1), o solo foi identificado como latossolo amarelo areno-argiloso, com elevada concentração de areia grossa (67%), o que provavelmente proporcionou perdas de nutrientes durante o período de chuvas. Nota-se que após a introdução do caupi no SAF, os teores dessa areia baixaram e não variaram muito, estabilizando em de 51% e 52%, após a primeira e a segunda colheitas, respectivamente, e no consórcio atingiu índices de 68% e 69%. Esses índices podem ter estabilizado porque o solo permaneceu coberto com a biomassa dos restos culturais do feijão e dos ramos das plantas arbóreas, oriundas das podas de condução, que impediu, dificultou e diminuiu o deslocamento da água sobre o solo. Além disso, foi observado teor de argila baixo, em torno de 6,04%. Esse índice granulométrico permite ao solo baixa capacidade de retenção de água, ou seja, o solo provavelmente concentrava menor quantidade de água, antes da implantação dos plantios, porque depois os índices encontrados de argila variaram de 9% a 14%. Logo, essa característica sem dúvida nenhuma colaborou para que o solo se tornasse cada vez mais degradado e pobre do ponto de vista nutricional. Após a implantação das plantas arbóreas e do feijão houve a retenção de argila, conseqüentemente ocorreu a retenção de água isso fez com que alguns nutrientes aumentassem como foi o caso do K⁺, Na⁺¹ e do P, porque não foram mais perdidos parcialmente pela lixiviação, enquanto que outros diminuíram como o N total, C orgânico e o Ca²⁺, que

possivelmente dentre outros motivos podem também ter sido lixiviados devido ao alto índice de areia grossa antes da implantação do experimento. Outro aspecto a ser considerado para a variação da quantidade de nutrientes presentes no solo, antes da implantação do experimento em relação ao plantio das espécies arbóreas, é quanto ao histórico da área. Pois o solo foi utilizado em sistema de pastagem por muitos anos, o que pode ter contribuído para as perdas nutricionais, principalmente, pelo excessivo pisoteio e perda de biomassa pelo pasto dos animais, além disso, não havia reposição de nutrientes porque a área não era adubada.

Após o cultivo do feijão caupi, nas subparcelas com SAF, ocorreu variações nas concentrações dos nutrientes que se encontravam no solo (Tabela 2). Nota-se que os índices dos nutrientes permaneceram na maioria na faixa de baixo teor, principalmente para Ca^{2+} , que baixou de $1,90 \text{ cmol dm}^{-3}$ para $1,34 \text{ cmol dm}^{-3}$ e Mg^{2+} de $0,60 \text{ cmol dm}^{-3}$ para $0,44 \text{ cmol dm}^{-3}$, após a segunda colheita. A variação desses índices nutricionais presentes no solo pode ser atribuída não somente ao manejo do SAF, como a colheita do caupi, por exemplo, mas também devido o crescimento e a poda de condução das plantas arbóreas, apesar da biomassa ter sido incorporada. Entretanto no plantio consorciado, sem SAF, os teores do Ca^2 se mantiveram mais estabilizados nos dois anos de avaliação com índices de $1,31$ e $1,33 \text{ cmol dm}^{-3}$, respectivamente, talvez porque não tenha ocorrido a colheita do caupi, logo não houve perda por exportação. Além de Ca^2 outro nutriente que reduziu foi N total que passou de $1,67 \text{ g Kg}^{-1}$, antes da implantação das plantas arbóreas, para $0,62 \text{ g Kg}^{-1}$ após a primeira colheita do caupi e depois voltou a subir na segunda colheita para $0,84 \text{ g Kg}^{-1}$, o C orgânico de $19,48 \text{ g Kg}^{-1}$ também obteve índice reduzido ficando na segunda colheita com $10,57 \text{ g Kg}^{-1}$, entretanto nos consórcios esses nutrientes se mantiveram mais estáveis, mesmo tendo reduzido após a implantação das plantas arbóreas. Nota-se que o N total no primeiro ano foi de $0,57 \text{ g Kg}^{-1}$ e passou para $0,50$

g Kg⁻¹ no 2º ano, o mesmo aconteceu com o carbono orgânico que variou de 8,42 a 7,56 g Kg⁻¹. O C orgânico antes da entrada do caupi, no SAF, atingiu índice de 19,48 g Kg⁻¹ e depois baixou para 7,21 g Kg⁻¹ e subiu para 10,57 g Kg⁻¹ após as duas colheitas do caupi, respectivamente, e índices de 7,56 Kg⁻¹ e 8,42 Kg⁻¹ nos consórcios (Tabela 2), isso pode ser explicado segundo Vieira (1988), que ressaltou que o C orgânico aumenta durante a fase inicial do equilíbrio fitoecológico, entretanto, com a aproximação do estado de equilíbrio entre solo e planta torna-se evidente um declínio do mesmo para um valor mais ou menos constante e permanente. Além disso, segundo o autor, o C orgânico é um elemento que varia consideravelmente no solo e depende da densidade e espécies vegetais que se encontram sobre ele. A quantidade de N total no solo decresceu nos dois modelos de plantio. Nota-se que após a entrada do 1º plantio do feijão caupi, passou de 1,67 Kg⁻¹ para 0,62 g Kg⁻¹, após a primeira colheita, voltando a subir para 0,84 g Kg⁻¹, após a 2ª colheita e nos consórcios variou de 0,50 Kg⁻¹ a 0,57 g Kg⁻¹. Empiricamente, o índice do nitrogênio é 5% da quantidade de matéria orgânica presente no solo. Como neste trabalho a matéria orgânica baixou devido provavelmente a presença do deslocamento de maquinário na área, durante a implantação dos plantios, e depois voltou a subir porque o SAF estava entrando em equilíbrio, nota-se que a quantidade de N total foi afetada e acompanhou os índices encontrados para a matéria orgânica (Tabela 2). Esses resultados concordam com Stevenson (1982) que observou perdas de 25% de N nos primeiros 20 anos nos solos de "Corn Belt" nos Estados Unidos e Martins (2001) que observou que o N é um dos elementos mais afetados pelas atividades desenvolvidas dentro de um SAF. Entretanto Vieira (1988) resalta ainda que a acumulação do N total é maior durante os estágios de sucessão vegetal, e isso foi verificado nos modelos de plantio estudados. Possivelmente está correlacionado a determinadas espécies de microorganismos pioneiros presentes no solo que fixam N. Porém, com o

sucessivo desenvolvimento do sistema, ocorre um declínio na proporção do N acumulado. Está claro também que, durante os estágios conseqüentes, o declínio do N induz possivelmente uma perda do conteúdo mineral do sistema solo-planta. E que dentre as propriedades do solo mais diretamente influenciadas pelas plantas é o carbono orgânico e o nitrogênio, isto porque os vegetais são, principalmente, os agentes fixadores de ambos.

Além da exportação pelo caupi, o declínio dos nutrientes no solo pode ser explicado pelo crescimento das plantas arbóreas e pelo manejo do SAF (plantio, capina, desbastes e ataques de pragas). Martins (2001) comenta que num SAF a entrada de nutrientes pela atmosfera não é suficiente para atender as necessidades das plantas e que as perdas de nutrientes por exportação e lixiviação promovem rapidamente o esgotamento do solo e, estas são maiores por lixiviação do que pela exportação da biomassa.

Para K^+ , P e Na^{+1} houve incremento após as duas colheitas do caupi (Tabela 2). Nota-se que o K passou de $0,03 \text{ cmol dm}^{-3}$, antes do plantio do caupi, para $0,06 \text{ cmol dm}^{-3}$ depois da primeira colheita, e depois para $0,07 \text{ cmol dm}^{-3}$ após a segunda. O P de $3,8 \text{ cmol dm}^{-3}$ para $6,7 \text{ cmol dm}^{-3}$ e depois para $6,03 \text{ cmol dm}^{-3}$. O Na^{+1} de $0,01 \text{ cmol dm}^{-3}$ para $0,03 \text{ cmol dm}^{-3}$. Praticamente todos os índices tiveram um incremento duas vezes maior após a colheita do caupi. É possível que tenha ocorrido efeito acumulativo (Bray, 1948), devido a incorporação da biomassa das plantas do feijão e da poda das plantas arbóreas, que pode ter refletido a baixa mobilidade desses nutrientes, entretanto, o incremento que ocorreu com o K^+ discorda de Martins (2001) que estudou um SAF com mogno, no município de Benevides – Pa, e concluiu que esse elemento foi um dos mais exportados após a colheita do feijão caupi. Porém para o P, Bruijnzeel (1990) demonstrou que a maioria dos estudos referentes a esse elemento, reflete a sua baixa mobilidade, mas

casualmente esta baixa mobilidade pode traduzir em alta exportação como foi registrado na Floresta de San Carlo.

Quanto aos consórcios os nutrientes descritos acima também se mostraram estáveis porque não variaram muito dos teores originais antes da implantação das plantas arbóreas. Esses resultados reforçam ainda mais a hipótese de que são nutrientes de baixa mobilidade no solo, haja vista que no sistema de consórcio não houve a presença do caupi, logo não houve perda por exportação através da colheita do mesmo. Quanto a matéria orgânica nota-se que também ocorreu decréscimo tanto no SAF como no sistema de consórcio (Tabela 2). Talvez isso possa ser explicado porque antes do plantio a área estava coberta pelo capim Kikuio, *Pennisetum clandestinum* Hochest, que foi controlado com herbicida e todo o material seco foi incorporado no solo, por isso a taxa de matéria orgânica antes do plantio foi de 33,50 g Kg⁻¹. Entretanto, após o primeiro plantio do caupi a matéria orgânica diminuiu para 12,44 g Kg⁻¹. Segundo Vieira (1988), o uso constante do solo por máquinas diminui a matéria orgânica. Esse resultado concorda com o autor porque tratores entraram na área para limpeza nas entrelinhas de plantio, devido ao rápido crescimento do capim Kikuio. Entretanto, após o desenvolvimento das copas das árvores o sombreamento inibiu o crescimento do kikuio. A partir de então, não houve mais a necessidade da entrada de máquinas para limpeza. Por outro lado, nota-se que o índice de matéria orgânica voltou a subir após a segunda colheita do feijão, e a tendência é que esse nível continue a aumentar, uma vez que as plantas arbóreas continuam crescendo e perdendo folhas periodicamente.

Quanto ao consórcio de plantas a matéria orgânica presente baixou, mas se manteve estável entre 10,02 Kg⁻¹ e 11,48 g Kg⁻¹. Vieira (1988) relata que a matéria orgânica depositada devolve ao solo quantidades muito pequenas de nutrientes, em comparação à quantidade total contida nas

árvores do povoamento florestal, mas mesmo assim é de grande importância quando se tem em vista a nutrição das plantas.

De maneira geral o pH encontra-se, em parte, condicionado à cobertura vegetal e ao tipo de formação do solo, relacionado ao seu respectivo processo pedogenético. Neste trabalho foi observado que o índice inicial do pH estava em 5,2, após a primeira e segunda colheitas do caupi este passou para 6,7 e 5,7, respectivamente (Tabela 2). Isso pode ser explicado, segundo Vieira (1988), pela concentração de matéria orgânica. Nota-se que antes do plantio do caupi, a matéria orgânica presente na área era de 33,50 g Kg⁻¹, depois baixou para 12,44 Kg⁻¹, após a primeira colheita e voltou a subir para 16,74 Kg⁻¹ após a 2^a colheita do caupi, variações que também ocorreram no sistema de consórcio. Essas variações de concentração da matéria orgânica indicam que a mesma entrou em decomposição liberando mais bases no sistema de SAF, conseqüentemente aumentou o pH de 5, 2 para 6,7, próximo a neutro, após a primeira colheita do caupi. Após a segunda colheita, quando a matéria orgânica voltou a subir, o pH teve índice menor porque a matéria orgânica em decomposição diminuiu a concentração de bases, logo a quantidade de matéria orgânica nova estava maior do que a matéria orgânica em decomposição, obviamente o pH baixou para 5,7.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAY, R. H., 1948. **Correlation of soil tests with crop response to added fertilizers and with fertilizer requirements.** I: KITCHEN, H. B., ed. Diagnostic techniques for soils and crops. Washington, American Potash Institute. p. 53-56.

-
- BRUIJNZEEL, L. A., 1990. Soil chemical and hydrochemical responses to tropical Forest disturbance and conversion a hydrologists perspective. In: International Congress on Soil of Tropical Forest Ecosystems. Conference of Forest Soils, 3. **Proceeding**: ISSS; AISS; v.3. p. 5-47.
- HOBBIE, S. E., 1992. Effects of plant species on nutrients cycling. **Tree Physiology**. v.7. p. 336 – 339.
- MARTINS, A .R. A., 2001. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em um sistema agroflorestal em implantação. (**Tese de Doutorado**). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 144 p.
- RAIJ, B. van., 1991. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Ceres Potafós. 343 p.
- STEVENSON, F. J., 1982. Origin and distribution of nitrogen in soil. In: ETENVENSON, F. J. Nitrogen in agricultural soils. Madison, American Society of Agronomy. p. 1-42.
- VIEIRA, L. S. 1988. **Manual de ciência do solo: com ênfase aos solos tropicais**. São Paulo. Ed. Agronômica Ceres. 464 p.

Tabela 1 - Média das concentrações granulométricas através da análise física do solo antes da implantação do experimento na área, no SAF e nos consórcios das plantas do mogno brasileiro *Swietenia macrophylla* e meliáceas resistentes à *Hypsipyla grandella* no município de Aurora do Pará

Amostra	Teores (%)	Teores (%)	Teores (%)	Teores (%)	Teores (%)
	antes do plantio na área	após 1ª colheita do feijão no SAF	1º ano no consórcio	após 2ª colheita do feijão no SAF	2º ano no consórcio
Areia fina	21,31	27,00	13,00	24,00	16,00
Areia grossa	67,02	51,00	69,00	52,00	68,00
Silte	5,63	8,00	7,00	12,00	7,00
Argila	6,04	14,00	11,00	12,00	9,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabela 2 - Média das concentrações de nutrientes através da análise química do solo antes do plantio na área, no SAF e no consórcio das plantas do mogno brasileiro *Swietenia macrophylla* e meliáceas resistentes à *Hypsipyla grandella* no município de Aurora do Pará

	g Kg ⁻¹			cmol dm ⁻³				mg dm ⁻³	pH
	Mat.org	N total	C.org.	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	
Antes do Plantio na Área	33,50	1,67	19,48	0,01	0,03	1,90	0,60	3,80	5,2
SAF									
Após 1ª colheita do Caupi	12,44	0,62	7,21	0,03	0,06	1,45	1,11	6,70	6,7
Após 2ª colheita do Caupi	16,74	0,84	10,57	0,03	0,07	1,34	0,44	6,03	5,7
Consórcio									
1º ano	11,48	0,57	8,42	0,01	0,03	1,31	1,06	3,72	4,83
2º ano	10,02	0,50	7,56	0,02	0,02	1,33	0,40	4,18	4,50